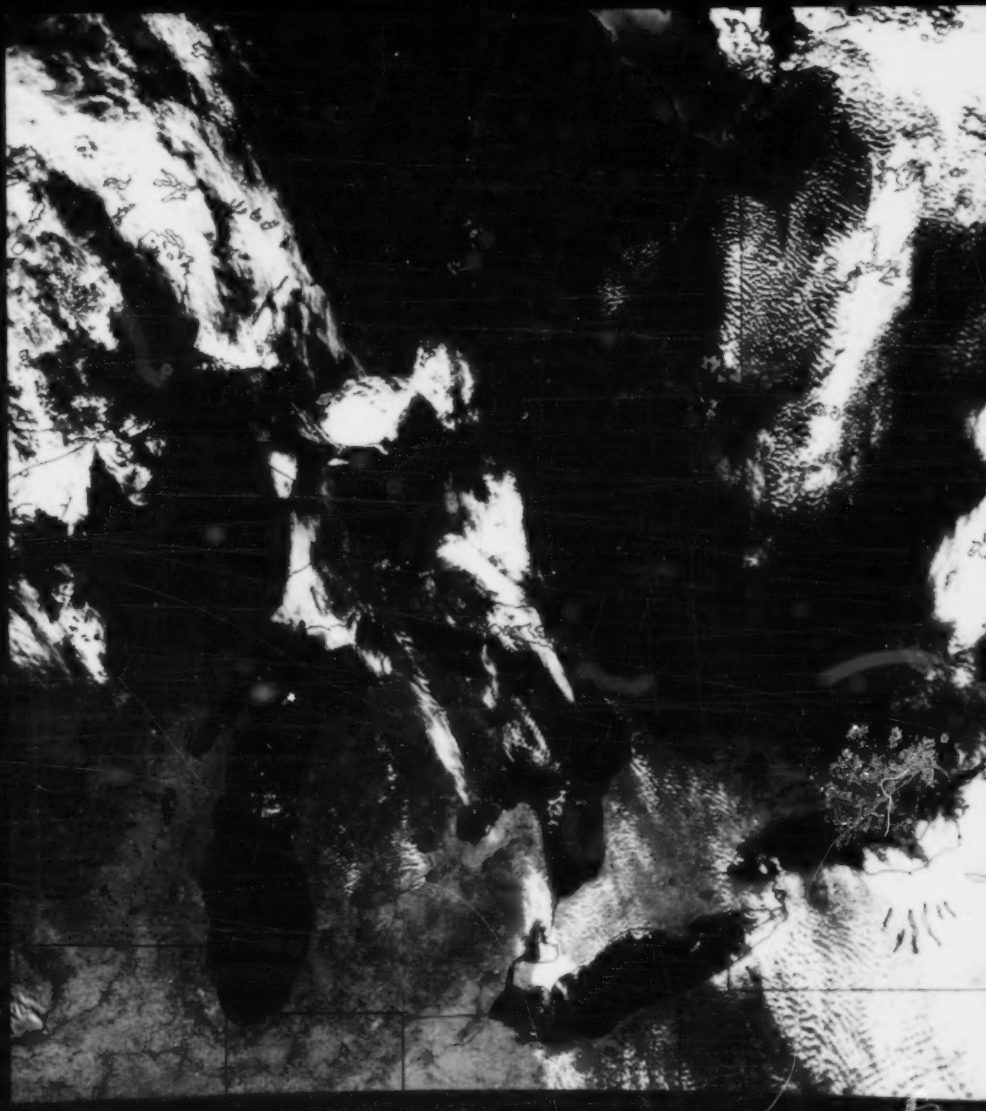


12ième RAPPORT BIENNAL

sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs

Commission mixte internationale
Canada et États-Unis

Bureaux de la Commission mixte internationale

Section canadienne
234, avenue Laurier ouest
22e étage
Ottawa (Ontario) K1P 6K6
(613) 995-2984
commission@ottawa.ijc.org

Section américaine
1250 23rd Street NW, Suite 100
Washington, D.C. 20440
(202) 736-9000
commission@washington.ijc.org

Bureau régionale des Grands Lacs
100, avenue Ouellette, 8e étage
Windsor, Ontario N9A 6T3
(519) 257-6700
commission@windsor.ijc.org
ou
P.O. Box 32869
Detroit, Michigan 48232
(313) 226-2170

www.ijc.org

Imprimé sur le papier Coris Art Silk recyclé

Douzième rapport biennal

Rédigé à l'intention des gouvernements du Canada, des États-Unis et des juridictions qui bordent les Grands Lacs en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau des Grands Lacs de 1978

Commissaires

Herb Gray

Dennis L. Schornack

Robert Gourd

Jack P. Blaney

Irene B. Brooks

Allen I. Olson

Commission mixte internationale

Septembre 2004

Douzième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs

ISBN 1-894280-46-6

Collaborateurs

Doug Alley, Kay Austin, Doug Bondy, Lisa Bourget, Peter Boyer, Marty Bratzel, Mark Burrows, Jim Chandler, Murray Clamen, Joel Fisher, John Gannon, Nick Heisler, Jim Houston, Bruce Jamieson, Bruce Kirschner, Gail Krantzberg, Ann MacKenzie, John McDonald, John Nevin

Sources des illustrations

Couverture recto : National Aeronautics Space Administration (NASA); couverture verso (haut), Josh Ingersoll, Lake Michigan Federation et (bas), Lauren Gordon, Morgan Edwards, Kyle Chandler, Environnement Canada; Figure 1, Adrian Melnyk et Don Boyes, département de géographie de l'Université de Toronto; page 17, NASA; Figure 2, Barry H. Rosen, Natural Resources Conservation Service, Watershed Science Institute, University of Vermont, Burlington; page 26, NASA; Figure 3, Jane C. Thapa, New York State Department of Health, Bureau of Water Supply Protection; Figure 4, Anne Pope, U.S. Environmental Protection Agency; Figure 5, Marc Desjauriers, Direction des données sur la pollution, Environnement Canada; Figure 6, a), OhioLINK Digital Media Center; b), Thomas Bridgeman, University of Toledo; c), Scott Higgins, University of Waterloo; d), Jeff Robinson, Service canadien de la faune; e), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Great Lakes Environmental Research Laboratory; f), David Jude, University of Michigan; Figure 7, a), b) et d), Fred Snyder, Ohio Sea Grant Program; c), David Moore, University of Syracuse à Utica.

Table des matières

Sommaire v
Conclusions principles vi
Recommandations
Integrité physique vii
Integrité biologique viii
Integrité biologique viii
Integrité de l'écosystème ix

Introduction 1

Chapitre Un
Intégrité physique : répercussions des milieux urbains sur la qualité de l'eau des Grands Lacs 5
Introduction
Répercussions du développement urbain sur la qualité de l'eau 5
Gestion de l'hydrologie urbaine : démarche scientifique et politique 6
Les répercussions du dévloppement urbain sur les eaux souterraines 10
Répercussions des changements climatiques sur la qualité des eaux souterraines et des eaux de surface 10
Conclusions 11
Recommandations 12

Chapitre Deux
Intégrité biologique : les répercussions des espèces exotiques envahissantes et des agents pathogènes 13
Introduction 13
Espèces exotiques envahissantes : composer avec l'incertitude de la pollution d'origine biologique dans les Grands Lacs 13
Définir une approche régionale : les améliorations possibles 17
Mettre en œuvre une norme de protection biologique pour les Grands Lacs 17
Exiger l'homologation de la technologie pour établir la norme 18
Exiger l'amélioration des pratiques de gestion sur l'absence d'eaux de ballast à bord 19
Promouvoir une coopération régionale continue 20
Élaborer des mesures assurant la conformité 21
Requérir l'assistance de la Commission mixte internationale 22
Recommandations 23
Contamination microbienne 24
Origines des agents pathogènes 24
Détecter les agents pathogènes et évaluer les risques 28
Faiblesses de la détection des agents pathogènes 29
Nouveaux agents pathogènes 30
Leçon pour les Grands Lacs? Tragédie de Walkerton 30

Croissance de la population et modernisation des infrastructures hydrauliques 32
Conclusions 33
Recommandation 34

Chapitre Trois
Intégrité chimique : l'exemple du mercure 35
Introduction 35
Sources et formes du mercure 35
Mercure et santé humaine 36
Mercure et consommation de poisson 39
Complications associées aux mélanges de produits chimiques 40
Réduction des émissions de mercure 40
Conclusions 45
Recommandations 46

Chapitre Quatre
L'intégrité de l'écosystème : les changements de l'écosystème du lac Érié 47
Introduction 47
Succès antérieurs 47
Tendances récentes et causes possibles 48
Comprendre la complexité du lac Érié 53
Recommandation 55

Signatures 57

Glossaire 58
Notes 60
Bibliographie 64

Tableaux
1. Facteurs associés au risque d'apparition de nouveaux agents pathogènes et répercussions sur la qualité de l'eau et sur la santé dans le bassin des Grands Lacs 25
2. Agents pathogènes hydriques, maladies associées, sources des déchets 31
3. « Dose de référence » pour le méthylmercure des différentes agences et organismes 38
4. Émissions totales en tonnes métriques (tonnes américaines) de mercure provenant des principales activités anthropiques en 1995 41
5. Sommaire des récentes tendances de la qualité de l'écosystème du lac Érié 49

Figures
1. Les plus grandes agglomérations urbaines du bassin des Grands Lacs en fonction de l'utilisation des terres et de données de recensement, 1999-2001 7
2. Accès potentiels des agents pathogènes d'origine hydrique 25
3. Facteurs influençant la viabilité le long des voies de transport 27
4. Profil des émissions de mercure pour 1999 43
5. Émissions primaires de mercure au Canada en 2000 43
6. Changements positifs de la qualité de l'écosystème du lac Érié et une carte de lac Érié 50
7. Changements négatifs de la qualité de l'écosystème du lac Érié 51

104-07750/

SOMMAIRE

L'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (l'Accord), conclu entre le Canada et les États-Unis en 1972 en vue de restaurer et de protéger le plus grand plan d'eau douce de surface de la planète, illustre au monde entier de quelle façon deux pays peuvent s'engager à rétablir l'intégrité de leurs plans d'eau communs. L'objet énoncé dans l'Accord est de rétablir et de conserver l'intégrité chimique, physique et biologique des eaux de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. C'est de cet objet, l'intégrité des lacs, et par extension l'intégrité de l'environnement des deux pays, dont il est question dans le présent Douzième Rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs.

L'Accord prévoit que la Commission mixte internationale (la Commission) est chargée d'évaluer les progrès des deux gouvernements ainsi que de les aider à atteindre cet objectif louable. Tel que stipulé dans la Déclaration de septembre 2003, produite à la réunion biennale tenue à Ann Arbor, au Michigan, il s'agit d'un accord décisif qui, depuis plus de trente ans, favorise la coopération et la coordination en vue d'une gérance efficace des Grands Lacs. La participation soutenue du public et le dialogue entre tous les intervenants doivent demeurer au centre de la mise en œuvre de l'Accord.

Les gouvernements canadiennes et américaines, les Parties de l'Accord, doivent procéder à un examen complet de l'Accord après le dépôt de chaque troisième rapport biennal de la Commission. Le présent Douzième Rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs marque le début de la prochaine période d'examen prévue. Nous recommandons vivement aux Parties d'être exhaustives, visionnaires et ambitieuses dans le cadre de la révision de l'Accord et de l'examen des questions critiques concernant la portée de l'Accord, le rôle de la Commission ainsi que les questions nouvelles qui ne font pas encore partie de l'Accord. Tel qu'annoncé dans la déclaration en septembre 2003, la Commission s'engage à appuyer les Parties dans leur processus d'examen et à favoriser un dialogue actif au sein du public afin d'assurer la participation de tous ceux qui se préoccupent de la santé de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. La Commission fournira des conseils détaillés aux gouvernements quant à l'examen de l'Accord plus tard en 2004.

Conclusions principales

Les Parties ont progressé en ce qui concerne l'élaboration et la mise en œuvre de pratiques exemplaires de gestion visant à réagir à la pression croissante du développement humain dans le bassin des Grands Lacs. Nous comprenons de mieux en mieux les répercussions potentielles des changements climatiques sur les Grands Lacs, et le rejet de nombreuses substances chimiques toxiques a diminué au cours des dernières décennies. Des recherches ont été menées en vue de comprendre les forces changeantes du lac Érié, notamment la disparition de certains organismes qui constituent des sources de nourriture pour les poissons et l'apparition d'autres, l'invasion d'espèces aquatiques exotiques ainsi que les hausses des concentrations d'algues à des niveaux nuisibles.

Toutefois, l'habitat naturel continue de perdre du terrain au fil de l'expansion de nos zones urbaines. Les gouvernements doivent répondre à une question fondamentale : sur le plan collectif, les efforts en matière de politiques, de programmes et de gestion sont-ils suffisants pour protéger l'eau des effets de l'expansion soutenue des importantes zones urbaines du bassin des Grands Lacs et pour assurer l'intégrité de l'écosystème?

Malgré des décennies de recherche, de nouvelles espèces aquatiques exotiques continuent de s'introduire dans les lacs, au rythme de une tous les huit mois, par les navires de haute-mer, ou par les poissons-appâts, les poissons d'aquarium, l'aquaculture ou les affluents. La Commission incite les gouvernements du Canada et des États-Unis à lui confier par un renvoi permanent le mandat de coordonner les mesures de prévention visant à mettre un frein à cette invasion des Grands Lacs.

Sans mesures de protection adéquates, notre santé peut être menacée par des agents pathogènes et des microorganismes porteurs de maladies. Les gouvernements doivent accorder une plus grande attention à la protection de la source de nos réserves d'eau potable. Plus particulièrement, une action concertée des responsables de la gestion des bassins hydrographiques est nécessaire en vue d'éviter les répercussions des pressions prolongées de l'utilisation des terres pour l'agriculture, le développement, les industries et les centres urbains.

La contamination chimique continue de menacer la santé humaine et de restreindre la quantité de poisson qu'il est possible de consommer sans danger. Plusieurs effets néfastes sur la santé liés à l'exposition au méthylmercure, une substance hautement toxique, ont été révélés par des études sur les humains et les animaux. Dans le bassin des Grands Lacs, les personnes exposées au méthylmercure le sont presque exclusivement par la consommation de poisson. La Commission recommande aux gouvernements de mettre en œuvre des programmes visant à réduire les émissions de mercure provenant

des services publics alimentés au charbon, de faire comprendre clairement au grand public les risques de consommer du poisson contaminé au mercure et d'approfondir les recherches sur les risques pour la santé présents dans le bassin des Grands Lacs.

Les questions relatives au lac Érié, marquées par les recoupements et les interactions, sont de nature complexe, c'est pourquoi elles nécessitent un niveau de communication et de coopération binationales sans précédent. La Commission prie les gouvernements de trouver la cause de la récente dégradation écologique du lac Érié et de prendre les mesures nécessaires pour rétablir son intégrité écologique.

Bon nombre de ces conclusions faisaient partie des témoignages du public à la réunion biennale de la Commission tenue à Ann Arbor, au Michigan, en septembre 2003. Les menaces concrètes décrites dans le présent rapport ainsi que le message du grand public entendu à la réunion biennale incitent la Commission à exhorter les gouvernements du Canada et des États-Unis à adopter une approche préventive en vue de mieux se préparer aux menaces futures et de répondre aux besoins actuels de manière à mettre en valeur et à protéger le trésor mondial que constituent les Grands Lacs.

À LA LUMIÈRE DES CONCLUSIONS DÉCRITES PRÉCÉDEMMENT, LA COMMISSION FORMULE LES RECOMMANDATIONS SUIVANTES.

Intégrité physique

1. Les Parties devraient prendre les mesures binationales suivantes en vue de réagir aux répercussions de l'utilisation des terres urbaines sur la qualité de l'eau des Grands Lacs :

   - évaluer dans quelles circonstances les pratiques exemplaires de gestion[1] sont efficaces pour la gestion du ruissellement urbain;
   - s'assurer que l'information relative aux pratiques exemplaires de gestion des milieux urbains parvient aux autorités locales et aux responsables de leur mise en œuvre;
   - évaluer les effets cumulatifs des mesures de gestion en vue de réduire les répercussions de l'urbanisation des Grands Lacs en utilisant le bassin du lac Érié à titre d'exemple.

Intégrité biologique

2. Les gouvernements devraient prendre les mesures que voici en vue d'éliminer la menace et les répercussions liées aux espèces aquatiques exotiques envahissantes dans les Grands Lacs.

   Il est recommandé de prendre immédiatement les mesures suivantes :
   - aux États-Unis, adopter la National Aquatic Invasive Species Act (NAISA, loi nationale sur les espèces aquatiques envahissantes) réhabilitant la National Invasive Species Act (NISA, loi nationale sur les espèces envahissantes);
   - au Canada, mettre en œuvre le Plan d'action national de lutte contre les espèces aquatiques envahissantes et compléter les pratiques exemplaires obligatoires de gestion des eaux de ballast;
   - ratifier et mettre en œuvre la Convention internationale sur le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires de l'Organisation maritime internationale, ainsi qu'amplifier les mesures et accélérer l'échéancier dans ce domaine.

3. Il est recommandé de confier les tâches ci-dessous à la Commission mixte internationale au moyen d'un renvoi portant sur les espèces aquatiques envahissantes :
   - contribuer à identifier les façons les plus efficaces de coordonner les efforts de prévention binationaux et d'harmoniser les plans nationaux, plus particulièrement en ce qui concerne les eaux de ballast résiduelles et les sédiments dans les citernes de ballast;
   - évaluer l'efficacité des ententes actuelles entre les institutions;
   - participer à la mise en place d'une norme régionale supérieure au minimum exigé par la Convention de l'Organisation maritime internationale;
   - s'assurer que les analyses économiques menées pour des projets ayant des répercussions potentielles sur l'environnement traitent des coûts environnementaux et sociétaux du contrôle et de la réduction des espèces envahissantes et des dommages qu'elles entraînent ainsi que des coûts et des avantages des mesures de prévention;
   - participer à l'éducation du public et aux communications.

4. Il est recommandé que tous les paliers de gouvernement élaborent et mettent en œuvre des mesures de planification coordonnées en vue de

protéger efficacement l'eau potable des pressions croissantes des industries, de l'urbanisation, des infrastructures vieillissantes et de l'agriculture, et notamment de protéger la santé humaine et l'équilibre des écosystèmes contre les grandes exploitations d'élevage.

Intégrité chimique

La Commission recommande que les deux gouvernements fédéraux, en collaboration avec les États, la province et les institutions, prennent les mesures suivantes.

5. Entreprendre des études épidémiologiques rétrospectives et prospectives, dans les secteurs préoccupants et dans d'autres emplacements pertinents du bassin des Grands Lacs, en vue de mieux comprendre les effets potentiels sur le développement neurologique associés au méthylmercure et aux BPC.

6. S'assurer que les avis sur le poisson sont clairs, simples et cohérents, et s'assurer qu'ils parviennent aux différents destinataires ciblés.

7. Choisir et mettre en œuvre rapidement des programmes, tant aux États-Unis qu'au Canada, visant à réduire de manière significative le dépôt de la forme gazeuse réactive du mercure dans la région des Grands Lacs ainsi que mener des stratégies multilatérales en vue de mieux contrôler globalement cette substance toxique rémanente.

Intégrité de l'écosystème

8. La Commission recommande que les gouvernements maintiennent le financement binational de la recherche accordé en 2002 et en 2003 en vue d'améliorer la compréhension des changements positifs et négatifs survenus dans l'écosystème du lac Érié et de prendre les mesures nécessaires au besoin. On devrait envisager l'adaptation et l'adoption du modèle institutionnel présenté par le Lake Erie Millennium Network[2] pour les autres Grands Lacs afin d'améliorer la collaboration et la communication.

INTRODUCTION

Les gouvernements du Canada et des États-Unis (les Parties, les gouvernements) ont signé le premier Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (l'Accord) en 1972. La version actuelle de l'Accord a été adoptée en 1978 et révisée en 1983, puis on lui a ajouté des annexes par un protocole en 1987. Aujourd'hui, l'Accord reste l'une des ententes internationales les plus prévoyantes et constitue un modèle de coopération en recherche sur l'environnement et en gestion de l'écosystème.

Dans le présent *Douzième Rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs*, la Commission mixte internationale (la Commission), tel que prévu par l'Article VIII de l'Accord, évalue les progrès des Parties quant à la mise en œuvre de l'Accord en mettant en évidence les points qui nécessitent, selon elle, une attention ciblée à court terme. Les questions importantes concernant les Grands Lacs ne sont pas toutes abordées dans le Rapport, mais on y présente une analyse et des recommandations quant aux éléments de l'Accord se rapportant à l'intégrité physique, biologique et chimique qui sous-tendent l'approche de l'écosystème visant à atteindre l'intégrité écologique. Les Grands Lacs constituent un trésor mondial, c'est pourquoi nos deux grands pays doivent les traiter avec le plus grand respect et les meilleurs soins et ne pas en négliger l'entretien et la protection; ils doivent leur réserver le même traitement qu'ils accordent à leurs écosystèmes respectifs pour en assurer l'intégrité.

La notion d'intégrité physique est illustrée dans le présent rapport par les questions relatives à l'utilisation des terres et aux effets aggravants des changements climatiques sur le ruissellement et la pollution. Les menaces posées par les espèces exotiques envahissantes et la pollution par les agents pathogènes font partie de la notion d'intégrité biologique. La pollution par le mercure et ses effets sur la santé humaine relèvent de l'intégrité chimique. L'intégrité de l'écosystème est illustrée par le changement de la composition des eaux et du biote du lac Érié.

La Commission signale deux domaines qui, même s'ils ne sont pas traités dans le rapport, sont d'une très grande importance et doivent continuer d'être portés à l'attention des Parties : le programme des plans d'assainissement et les déversements importants dans les voies interlacustres entre le lac Huron et le lac Érié.

Le Programme des plans d'assainissement a été créé en vertu de l'Annexe 2 de l'Accord de 1987. En avril 2003, la Commission a procédé à l'évaluation de l'état d'avancement de la restauration de l'ensemble des 41 derniers secteurs préoccupants des Grands Lacs et a produit un rapport.[3] Chacun des secteurs préoccupants est caractérisé par une envergure, des enjeux et un leadership particuliers. Ainsi, il n'existe pas de panacée aux problèmes auxquels sont confrontés ces secteurs et les organismes et personnes qui tentent de les résoudre. Nous continuons de demander aux Parties de présenter en temps opportun à la Commission et au grand public des rapports complets sur les réalisations et les défis associés aux plans d'assainissement ainsi que sur les ressources nécessaires pour entreprendre de nouvelles mesures correctives, comme le traitement des eaux usées et des eaux pluviales d'orage, la revalorisation et la protection de l'habitat ainsi que d'autres mesures nécessaires. Le fait de documenter le processus et les besoins futurs permet au public et aux responsables de mieux comprendre de quelle manière le financement gouvernemental a contribué à rétablir des utilisations bénéfiques dans les secteurs préoccupants des Grands Lacs et a permis d'atteindre d'autres objectifs. Cette mesure permettrait de prouver que les investissements antérieurs ont été utiles, et que l'important financement supplémentaire nécessaire à la restauration complète de la qualité de l'écosystème et de ses utilisations bénéfiques pour les poissons, la faune et les humains en vaut le coût. Bien que la continuité du financement gouvernemental soit vitale, nous constatons que les secteurs préoccupants où sont observés les plus grands progrès en ce qui concerne les mesures correctives bénéficient de la combinaison d'un leadership local engagé et énergique et d'un soutien technique de la part d'organismes universitaires, gouvernementaux ou privés.

La Commission s'inquiète vraiment de l'augmentation significative, au cours des deux dernières années, du nombre de déversements importants dans les voies interlacustres entre le lac Huron et le lac Érié, en particulier dans le secteur de la rivière St. Clair. En avril 2002, un déversement de pétrole très important (estimé à 100 000 à 264 200 gallons, c'est-à-dire 378 500 à 1 000 000 litres) dans la Rouge River a nécessité pour la première fois la pleine mise en œuvre du Plan commun de mesures d'urgence concernant la pollution des Grands Lacs (plan CANUSLAK[3]). En août 2002, une importante panne d'électricité a entraîné non seulement plusieurs débordements à différentes stations de traitement des eaux usées, mais aussi un retard inacceptable pour le signalement, par l'entreprise Royal Polymer, d'un déversement de chloroéthène à Sarnia. Moins de six mois plus tard, le 1er février 2004, une fuite dans un échangeur thermique à l'usine Imperial Oil de Sarnia a entraîné le déversement de butan-2-one et de 4-méthylpentan-2-one dans l'eau de refroidissement rejetée par la suite dans la rivière. Les opérateurs de station de traitement des eaux en aval s'inquiètent de la fréquence à laquelle ils doivent fermer leurs prises d'eau en raison de ces déversements, et le grand public s'inquiète de la sécurité de son eau potable. La Commission examine la question, suivant de près les enquêtes et les mesures proposées pour prévenir ou limiter les futurs déversements, et prévoit produire un

rapport distinct sur le sujet quand des renseignements supplémentaires deviendront accessibles.

La Commission est impatiente de recevoir de la part des Parties une réponse étoffée au présent rapport, conformément à l'Article X de l'Accord, en conformité avec les engagements qui y sont pris.

INTÉGRITÉ PHYSIQUE : RÉPERCUSSIONS DES MILIEUX URBAINS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU DES GRANDS LACS

Introduction

La nécessité de gérer et de planifier la croissance urbaine et de limiter ses répercussions sur l'environnement naturel, particulièrement sur le bassin hydrographique urbain et sur les régions proches des rivages, est un des principaux enjeux de la restauration et du maintien de l'intégrité physique des eaux de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. **La question fondamentale que doivent se poser les gouvernements est de savoir si la somme de leurs politiques, de leurs programmes et de leurs efforts de gestion sont suffisants pour protéger l'eau contre les répercussions de l'expansion continue des grandes agglomérations urbaines du bassin des Grands Lacs.** Il s'agit d'une question binationale importante à laquelle doivent répondre ensemble les intervenants de la région du bassin, comptant parmi eux des participants des trois niveaux de gouvernement. Les frontières du lac Érié sont extrêmement partagées, et la région compte de grandes agglomérations urbaines. Le plan d'aménagement panlacustre prévu par l'Accord et l'étude écologique menée actuellement par le Lake Erie Millennium Network pourraient fournir des données contextuelles importantes sur l'écosystème en vue de cette évaluation globale des répercussions de l'utilisation des terres urbaines sur la qualité de l'eau des Grands Lacs.

Répercussions du développement urbain sur la qualité de l'eau

Parmi les principales sources de pollution des eaux provenant des milieux urbains, on compte :

- les effluents traités rejetés par les stations de traitement des eaux usées et les effluents non traités qui contournent les stations de traitement;
- le ruissellement des eaux pluviales d'orage traitées et non traitées;
- les déversoirs d'orage transportant un mélange d'eaux usées non traitées et d'eaux pluviales d'orage;
- les émissions atmosphériques occasionnelles ou accidentelles et les sources mobiles;
- les rejets d'eaux souterraines dans les eaux réceptrices environnantes.

Les investissements de plusieurs milliards de dollars dans le contrôle des eaux usées et des déversoirs d'orage ont considérablement réduit les plus importants problèmes de pollution au cours des années 70 à 90. La plupart des bassins hydrographiques urbains et suburbains, y compris les secteurs près des rivages des grandes villes des Grands Lacs (Figure 1), sont toutefois encore impropres à la baignade, ne contiennent pas de poissons parfaitement sûrs pour la consommation ou ne permettent pas la survie de communautés biologiques diversifiées.[1] L'augmentation des surfaces imperméables que sont les routes, les toits et les terrains de stationnement, signifie que les polluants se mélangent aux eaux de surface par le ruissellement sans avoir été traitées, phénomène qui a des répercussions importantes sur l'ensemble du bassin. Par exemple, de récentes estimations effectuées par le Canada indiquent que les rejets importants associés aux eaux pluviales d'orage dans les Grands Lacs totalisent annuellement plus de 90 000 tonnes de sédiments, de pétrole, de graisse, de métaux et d'autres contaminants.[2]

L'expansion des grandes agglomérations urbaines du bassin des Grands Lacs peut être attribuée à différents facteurs : la croissance de la population; les préférences en matière d'utilisation des terres (par exemple, le fait de préférer les nouveaux sites suburbains aux friches industrielles des agglomérations urbaines); la tendance selon laquelle moins de personnes vivent sous le même toit, ce qui nécessite des habitations supplémentaires; et, finalement, les importants établissements commerciaux et de vente au détail des zones suburbaines comprenant de vastes surfaces imperméables pour le stationnement et les accès aux autoroutes. À moins que ces tendances ne soient prévues et gérées efficacement, le maintien de l'expansion des grandes agglomérations urbaines du bassin des Grands Lacs aura des conséquences graves sur la qualité de l'eau des Grands Lacs.

Gestion de l'hydrologie urbaine : démarche scientifique et politique

La plupart des méthodes modernes de gestion de l'hydrologie urbaine sont axées sur les eaux pluviales d'orage, combinant les notions de protection contre les inondations, d'alimentation des nappes souterraines,[3] de réduction du ruissellement et de protection des espaces naturels, et sont fondées sur des principes scientifiques généralement acceptés.[4]

Les phénomènes météorologiques extrêmes peuvent produire des concentrations très élevées de polluants au cours de leurs premières phases et avoir des répercussions thermiques dès l'apparition des premières flaques d'eau stagnante qu'ils laissent à réchauffer sur les surfaces imperméables. Certaines administrations utilisent des détecteurs qui évaluent en temps réel la qualité des eaux pluviales d'orage afin d'assurer un traitement initial, un stockage et un traitement graduel adéquats jusqu'à ce que les normes sur la qualité de l'eau soient respectées et permettent le rejet.

Les plus grandes agglomérations urbaines du bassin des Grands Lacs
en fonction de l'utilisation des terres et de données de recensement, 1999-2001

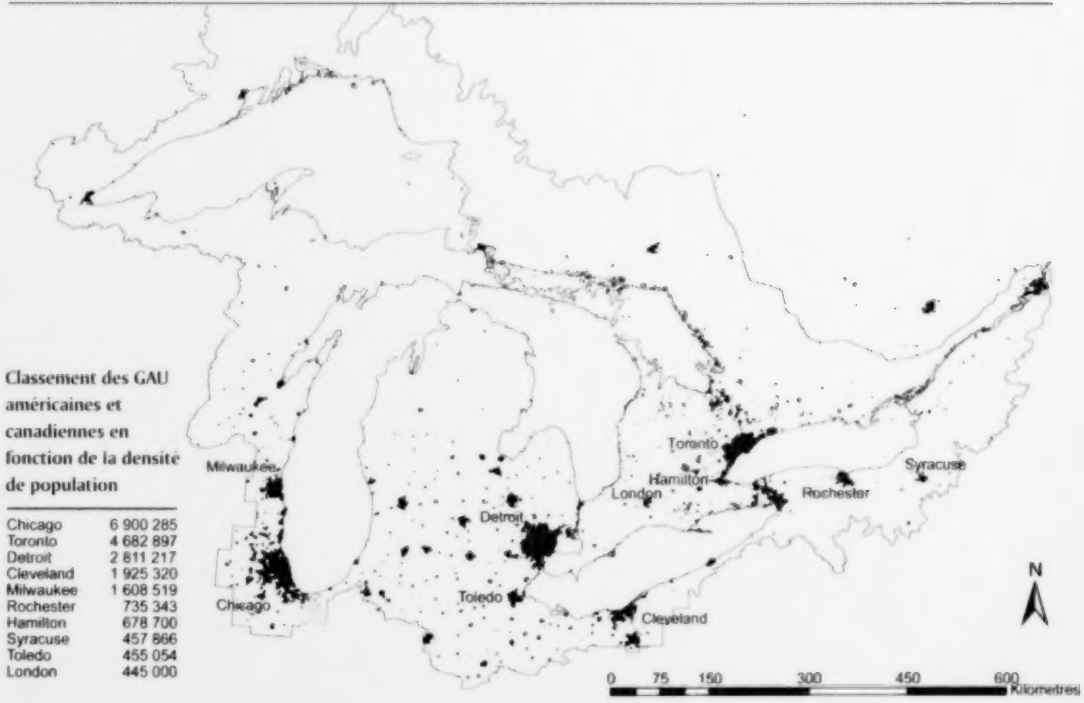


Figure 1 Les plus grandes agglomérations urbaines du bassin des Grands Lacs en fonction de l'utilisation des terres et de données de recensement, 1999-2001

Parmi les autres pratiques innovatrices, on compte l'utilisation de toitures vertes constituées de plantes vivantes ou de recouvrement perméable[7] permettrant à la pluie et à l'eau de fonte de la neige de s'infiltrer sous la surface et dans les jardins d'eau. Si les pratiques exemplaires de gestion peuvent être facilement repérées dans les ouvrages scientifiques et sont bien comprises par le personnel professionnel des organismes gouvernementaux, elles sont moins bien connues des responsables locaux, des citoyens et des promoteurs qui prennent quotidiennement les décisions en matière d'utilisation des terres. Les responsables locaux des secteurs privé et public pourraient bénéficier d'un répertoire constitué d'une base de données régionale de ces pratiques et d'un réseau d'échange de renseignements entre les collectivités du bassin. L'initiative américaine en ce sens du groupe National Low Impact Development Clearing House illustre de quelle manière les promoteurs et les décideurs des Grands Lacs pourraient profiter de ce type de projet et dans quelle mesure l'initiative a un intérêt particulier pour le contexte binational du bassin des Grands Lacs.[8]

Les approches les plus innovatrices sont celles qui reconnaissent que le succès de la gestion hydrologique ne se restreint pas à la simple gestion des eaux pluviales d'orage.[9] Grâce à l'application de notions de durabilité de l'environnement à la gestion de l'utilisation des terres, il est possible de mieux comprendre et de mieux cerner les processus naturels d'une localité ainsi que ses retombées et ses circonstances particulières. Par exemple, le même développement commercial peut avoir des répercussions différentes sur la qualité de l'eau selon son emplacement dans le bassin. Des activités quotidiennes bien précises, comme le moment et la fréquence du nettoyage des rues, peuvent aussi influer la qualité de l'eau. Dans d'autres cas, de prétendues pratiques exemplaires de gestion peuvent aggraver certains effets négatifs si elles ne sont pas mises en œuvre de manière écologique.[8] La plupart des efforts locaux et régionaux de planification ne suffisent pas à établir adéquatement le lien fondamental devant exister entre l'environnement naturel et l'environnement fabriqué, et les précieuses ressources foncières et hydriques régionales se trouvent ainsi involontairement menacées.

Aux États-Unis et au Canada, le ruissellement urbain est géré et réglementé par une série de programmes des autorités fédérales, des États et des provinces, qui sont mis en œuvre par les autorités locales. L'approche générale de l'Environmental Protection Agency des États-Unis est d'aborder la prévention de la pollution dans le contexte plus vaste de la planification du bassin hydrographique. La notion de plans d'aménagement des bassins hydrographiques, par opposition aux plans d'agglomération des municipalités, des cantons ou des comtés limités par des frontières géopolitiques, est relativement nouvelle. Aux États-Unis, plusieurs commissions de planification, conseils gouvernementaux et comités de planification de comté et de canton de la région ont élaboré et adopté des plans d'aménagement pour les bassins et sous-bassins hydrographiques. Nombre de ces plans prévoient la planification et la mise en œuvre d'une coopération entre les unités locales de gouvernement

voisines. Cette coopération illustre qu'il est possible de traiter efficacement la gestion des eaux pluviales d'orage comme une question politique nationale ou régionale, puis de la mettre en œuvre localement grâce à de la planification et à des pratiques exemplaires de gestion.[9]

L'expérience de l'Ontario dans le domaine de la planification des bassins hydrographiques constitue l'une des activités de planification des ressources hydriques les plus précoces de l'ensemble des administrations de l'Amérique du Nord. En 1946, grâce à la *Loi sur les offices de protection de la nature*, l'Ontario a mis en place un réseau de ces offices dans presque toute la province. En 1997, la province a de nouveau confirmé son engagement dans le domaine à la suite d'un programme d'examen interministériel lancé en 1994 et conclu par un rapport final, *An Evaluation of Watershed Management in Ontario*.[10] Dans ce rapport, on concluait que **le succès d'une planification intégrée des utilisations des terres et des eaux passait par la planification des bassins hydrologiques dans leur ensemble**. L'importance de la planification des bassins hydrographiques a été renforcée en mai 2002 à la suite de la publication de la deuxième partie du *Rapport de la Commission d'enquête sur Walkerton*[11] de l'honorable juge Dennis O'Connor. Ce rapport favorisait la protection des sources d'eau potable et la prévention de la pollution en se fondant sur la prémisse qu'une mauvaise qualité de l'eau à la source augmente les risques pour la santé une fois au robinet. Afin de mettre en œuvre les recommandations de ce rapport, l'Ontario a proposé la création de 24 secteurs de planification correspondant à des bassins hydrographiques en vue de mettre en œuvre des plans de protection des sources d'eau.[12]

Dans le cadre de plusieurs initiatives stratégiques des États-Unis et du Canada, on a étudié les questions se rapportant à l'utilisation des terres dans l'esprit du terme général « *croissance intelligente* ».[13] La *croissance intelligente* touche une panoplie de notions de politique et de gestion, notamment le fait d'adopter une vision à long terme en vue d'assurer la durabilité du développement économique et communautaire tout en protégeant l'environnement naturel.

Des questions de politique urbaine de la plus grande importance concernant la qualité de l'eau, l'utilisation des terres, les transports et les infrastructures sont aussi au centre de la question de la gestion de la croissance et de la protection des ressources hydriques.[14] Les administrations du bassin qui élaborent des stratégies de *croissance intelligente* et des pratiques exemplaires de gestion devraient mieux les faire connaître afin d'être en mesure d'établir collectivement les bases d'une coopération et d'une coordination binationales futures entre les gouvernements locaux, fédéraux, provinciaux et des États. Les progrès réalisés à l'avenir dans le cadre de l'Accord, en particulier en ce qui concerne l'utilisation des terres urbaines, seront accentués par la participation des gouvernements locaux des villes des Grands Lacs qui ont élaboré les politiques et les programmes décrits. Leur participation plus soutenue à l'élaboration de politiques et à la prise de décision mettra en valeur leur rôle potentiel dans la réalisation de l'objectif plus général de l'Accord.

Les répercussions du développement urbain sur les eaux souterraines

Dans le bassin des Grands Lacs, une grande partie des eaux souterraines sont déversées directement dans les lacs ou leurs affluents. L'origine de la plupart des contaminants des eaux souterraines est étroitement liée aux pratiques d'utilisation des terres urbaines : utilisation excessive de pesticides et de fertilisants, fuites dans des réservoirs souterrains, systèmes septiques privés défectueux et déversements ou lessivage provenant de sites industriels. Les eaux souterraines servent de voie d'accès de la pollution bactérienne des plages urbaines.[15] Au sein d'un bassin hydrographique, la combinaison de l'imperméabilisation de grandes surfaces et du retrait des eaux souterraines pour leur utilisation peut réduire le potentiel d'alimentation de la nappe souterraine, diminuant ainsi la capacité de maintenir les débits habituels et actuels. Des débits faibles accentuent les effets des polluants urbains, entraînant ainsi une dégradation de la qualité générale des eaux. Dans certains cas, particulièrement si les débits sont faibles, le débit de base peut être principalement constitué d'eaux usées et d'eaux de ruissellement urbain. En raison de la variété des activités de développement urbain pouvant avoir des répercussions importantes sur la quantité et la qualité des eaux souterraines, tout plan régional d'aménagement des bassins hydrographiques doit intégrer les questions se rapportant aux eaux souterraines.

Comme on le souligne dans des rapports précédents, les progrès et l'engagement en ce qui concerne la mise en œuvre de l'Annexe 16 de l'Accord, *Pollution causée par les eaux souterraines contaminées*, sont jusqu'à présent limités.[16] Si la vaste démarche régionale qu'implique l'Annexe 16 assurait un contexte optimal à de sages décisions en matière de développement dans l'ensemble du bassin, le fait d'exiger des promoteurs qu'ils prévoient explicitement la protection des eaux souterraines dans leurs plans de développement pourrait constituer une solution de rechange. Ces évaluations hydrogéologiques des sites enrichiraient la prise de décision quotidienne. Les données pourraient être compilées d'un point de vue régional en vue de gérer et de contrôler les eaux souterraines contaminées qui influent sur la qualité des eaux limitrophes du bassin des Grands Lacs, comme le prévoit l'Annexe 16.

Répercussions des changements climatiques sur la qualité des eaux souterraines et des eaux de surface

Les recherches scientifiques récentes laissent croire que de nouvelles conditions climatiques, assez différentes de celles présentes au début du XX^{e} siècle, pourraient déjà être en place dans le bassin des Grands Lacs.[17] Le changement possible des réserves d'eau, qui pourrait survenir parallèlement à l'accroissement de la demande en eau entraînée par les augmentations de population dans le bassin, est un phénomène particulièrement important à signaler.[18]

En 2001, la Commission a attribué comme priorité principale au Conseil de la qualité de l'eau pour la période 2001-2003 l'étude des répercussions des changements et de la variabilité climatiques sur la région des Grands Lacs et ses habitants. Ce dernier a répondu à cette exigence par un rapport détaillé, *Climate Change and Water Quality in the Great Lakes Basin 2003*. Les principales conclusions du Conseil pointent vers la possibilité que les changements climatiques agissent profondément sur tous les aspects de l'environnement naturel et fabriqué du bassin des Grands Lacs.[10]

Les scénarios des changements climatiques évoluent à mesure que s'améliorent les capacités de prédiction et les modèles scientifiques. Les répercussions sur les milieux urbains, qui comptent de vastes surfaces imperméables et des infrastructures de collecte des eaux pluviales d'orage inadéquates pour la gestion du ruissellement urbain, pourraient être importantes si les précipitations annuelles totales et l'intensité des orages augmentent comme prévu. Les événements météorologiques extrêmes peuvent facilement entraîner les contaminants accumulés sur les surfaces imperméables et peuvent augmenter la quantité d'eau contournant les stations de traitement pendant les orages. Dans ces circonstances, la possibilité qu'un ruissellement contaminé plus important contourne le traitement constitue une préoccupation réelle.

On ne comprend pas encore parfaitement l'ampleur et les conséquences des changements climatiques; on se s'entend donc pas sur la meilleure manière de s'adapter à ces changements ou d'en limiter les répercussions aux niveaux local, régional, national ou mondial. Les pratiques exemplaires de gestion locales pourraient toutefois contribuer à la gestion efficace des répercussions du ruissellement exceptionnel d'eaux pluviales d'orage occasionné par les phénomènes météorologiques extrêmes. À défaut d'une certitude scientifique et d'un consensus sur les mesures à prendre, ces pratiques pourraient constituer le fondement de décisions irréprochables qui, dans certains cas, pourraient offrir des solutions de rechange rentables à de nouveaux investissements importants dans l'infrastructure urbaine de gestion des eaux pluviales d'orage.

Conclusions

Il existe certains vides dans les connaissances quant à l'efficacité individuelle des technologies, des pratiques exemplaires de gestion, des politiques et des processus adoptés par les administrations locales pour composer avec les répercussions de leur milieu urbain sur la qualité de l'eau des Grands Lacs. Cependant, l'enjeu global en ce qui concerne les objectifs de l'Accord est de déterminer si les démarches actuelles sont suffisantes pour ce qui est du bassin dans son ensemble. Une évaluation binationale complète de l'efficacité des politiques et des programmes en fonction de l'ensemble du bassin offrirait une perspective élargie pour la prise de décisions locale tout en favorisant la progression vers l'approche axée sur l'écosystème prévue par l'Accord. Si aucun effort binational de liaison entre les organis-

mes locaux, les organismes des États et de la province et les organismes fédéraux n'a été mis en œuvre en vue de réagir aux répercussions de l'utilisation des terres urbaines sur la qualité de l'eau des Grands Lacs depuis l'époque du Groupe de consultation sur la pollution due à l'utilisation des terres (Pollution from Land Use Activities Reference Group, PLUARG)[20], nombre d'autres exemples de coopération stratégique binationale se sont présentés depuis ce temps, par exemple la Stratégie binationale des toxiques, les plans d'aménagement panlacustres et la Conférence sur l'état des écosystèmes lacustres (CEEL). Étant donné la sensibilisation et l'intérêt croissants des citoyens, des maires, des promoteurs et des divers paliers gouvernementaux quant à la nécessité d'une planification et d'une gestion efficaces de la croissance urbaine, il est particulièrement opportun, pratique et pertinent de mettre en place une démarche binationale commune à l'ensemble du bassin des Grands Lacs pour la gestion de la pollution entraînée par l'utilisation des terres.

Aux États-Unis et au Canada, les décisions en matière d'utilisation des terres sont généralement considérées comme étant la responsabilité du gouvernement local, même si les décisions locales ne peuvent être considérées isolément des autres responsabilités au niveau provincial, fédéral ou des États. Comme des décisions judicieuses en matière d'utilisation des terres et une gestion efficace des terres sont à la base de la mise en œuvre et de l'évolution de l'approche des écosystèmes décrite dans l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, les gouvernements doivent améliorer leur capacité institutionnelle de coordonner et de conjuguer les rôles, les responsabilités et les décisions entre les différents niveaux d'administration et au sein de ceux-ci.

La Commission propose les recommandations suivantes.

Les Parties devraient prendre les mesures binationales suivantes afin de réagir aux répercussions de l'utilisation des terres urbaines sur la qualité de l'eau des Grands Lacs :

- examiner dans quelles circonstances les pratiques exemplaires de gestion[21] sont efficaces pour la gestion du ruissellement urbain;
- veiller à ce que les renseignements sur les pratiques exemplaires de gestion urbaine parviennent aux autorités locales ainsi qu'à ceux qui les mettent en œuvre;
- évaluer les effets cumulatifs des mesures de gestion sur la minimisation des répercussions de l'urbanisation de la région des Grands Lacs en utilisant le lac Érié comme exemple.

Chapitre Deux

INTÉGRITÉ BIOLOGIQUE : LES RÉPERCUSSIONS DES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES ET DES AGENTS PATHOGÈNES

Introduction

De nombreux phénomènes menacent l'intégrité biologique des Grands Lacs. Nous traitons plus précisément de deux de ces phénomènes : les effets connus des espèces exotiques envahissantes et la menace méconnue que représentent les organismes qui causent des maladies, les organismes pathogènes. Selon les meilleures estimations des scientifiques, une nouvelle espèce aquatique exotique s'introduit dans les Grands Lacs presque tous les huit mois. Les répercussions de la présence des espèces déjà introduites dans le système, que ce soit la lamproie marine ou la moule zébrée, annoncent les coûts économiques et environnementaux que pourrait entraîner cette importante menace si elle n'est pas enrayée. De la même façon, les éclosions surprises de maladies gastro-intestinales signalées ayant parfois eu des conséquences fatales devraient sonner l'alarme quant au fait que les résidents du bassin des Grands Lacs font face à des menaces graves et généralement non reconnues provenant d'une substance utilisée quotidiennement et considérée sûre, c'est-à-dire l'eau dont nous dépendons pour nos loisirs et notre consommation. Heureusement, il existe des solutions pour réagir à ces deux importants enjeux.

Espèces exotiques envahissantes : composer avec l'incertitude de la pollution d'origine biologique dans les Grands Lacs

L'écosystème des Grands Lacs est un environnement incertain et fragile exposé à la pollution biologique par des espèces étrangères et exotiques qui continuent d'entrer dans les lacs par les eaux de ballast des navires de haute mer internationaux ainsi que par d'autres moyens. Depuis la publication du *Onzième Rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs* de la Commission mixte internationale en septembre 2001, on a discuté en détail de mesures possibles pour composer avec les coûts écologiques et économiques entraînés par la présence des espèces aquatiques exotiques envahissantes, et des progrès ont été accomplis.[1] Parmi ces progrès, on compte les suivants :

- Aux États-Unis, la *National Aquatic Invasive Species Act* (loi nationale sur les espèces aquatiques envahissantes) réhabilitant la *National Invasive Species Act* de 1996 (loi nationale sur les espèces envahissantes) a été présentée au Congrès, mais elle n'a pas encore adoptée.
- Au Canada, des règlements sur les pratiques obligatoires de gestion des eaux de ballast ont été rédigés mais n'ont pas été adoptés.
- Les États frontaliers des Grands Lacs, l'Ontario et de nombreuses localités ont imposé des interdictions contre la vente et le transport de la carpe asiatique et du poisson-serpent vivants.
- On devrait terminer en septembre 2004 la conception et la construction d'une deuxième barrière électrique dans le Chicago Sanitary and Ship Canal (canal sanitaire et navigable de Chicago) afin de prévenir la migration d'espèces envahissantes entre les Grands Lacs et les bassins de drainage du Mississippi, et ce, avant que la barrière électrique actuelle atteigne la fin de sa durée de vie prévue, en 2005. Cette mesure assurera qu'une barrière restera en place afin de protéger les Grands Lacs contre des espèces comme la carpe asiatique. Il faut toutefois trouver une solution au manque de financement afin de parvenir à réaliser ce projet comme il avait été conçu au départ.
- Le Groupe de travail sur les espèces aquatiques envahissantes du Conseil canadien des ministres des Pêches et de l'Aquaculture (CCMPA) a préparé un plan d'action national qui sera présenté aux ministres en septembre 2004 et pour lequel un plan de mise en œuvre sera déposé en septembre 2005. Les travaux de ce groupe de travail fédéral, provincial et territorial sont un élément clé d'une stratégie nationale visant à trouver des solutions au problème des espèces exotiques terrestres et aquatiques envahissantes au Canada.
- Les installations d'analyse des eaux de ballast mises en place en Floride contribue au programme d'Environmental Technology Verification (programme de vérification des technologies environnementales) de l'Environmental Protection Agency des États-Unis en vue d'élaborer des protocoles visant à vérifier l'efficacité des nouvelles technologies de traitement des eaux de ballast.
- Aux États-Unis, la garde côtière américaine, l'Environmental Protection Agency, la National Oceanic and Atmospheric Administration et le Fish and Wildlife Service ont récemment tenu des audiences publiques en vue d'évaluer les répercussions environnementales de différentes propositions de réglementation en matière d'eaux de ballast. La garde côtière américaine a créé un programme d'évaluation des technologies des navires pour les systèmes expérimentaux de traitement des eaux de ballast.
- L'État du Michigan met actuellement en œuvre les modifications à sa législation régissant les eaux de ballast, plus précisément l'article 3103a de la *Natural Resources and Environmental Protection Act*.[2] Le Department of Environmental

Quality du Michigan conserve maintenant une liste des navires de haute mer qu'il considère conformes aux codes de gestion des eaux de ballast. Depuis mars 2002, tout propriétaire ou exploitant absent de cette liste, ou toute personne de l'État chargée de transporter une cargaison par l'intermédiaire d'un exploitant de navires absent de la liste, ne peut obtenir de nouveaux prêts, subventions ou contributions gérés par ce département.

- L'Organisation maritime internationale a adopté la *Convention internationale sur le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires* en février 2004. Cet organisme des Nations Unies, chargé de la protection et de la sécurité de la navigation ainsi que de la prévention de la pollution maritime entraînée par les navires, sera complimenté pour le succès de la négociation d'une convention sur les eaux de ballast. Cette nouvelle convention exige que tous les navires mettent en œuvre un plan de gestion des eaux de ballast et des sédiments, qu'ils possèdent et remplissent un registre de gestion des eaux de ballast et qu'ils entreprennent des procédures de gestion des eaux de ballast conformes à des normes précises. La Convention comprend aussi des dispositions notables qui permettent aux États membres d'adopter des normes plus strictes, elle impose un délai à tous les navires afin qu'ils mettent en œuvre des normes sur l'échange des eaux de ballast et elle prévoit qu'aucun navire ne sera exempté indéfiniment de se conformer à ces normes. De plus, la Convention prévoit des mesures incitatives pour les chargeurs afin qu'ils mettent à l'essai et qu'ils évaluent des technologies prometteuses de traitement des eaux de ballast. La Convention n'a pas encore été ratifiée par les trente États membres qui constituent le nombre minimum requis et qui, ensemble, transportent 35 % du tonnage mondial.

Si ces initiatives sont encourageantes et devraient s'avérer avantageuses avec le temps, elles n'ont pas mis un frein à l'entrée de nouvelles espèces envahissantes dans les Grands Lacs. En 2001, les scientifiques estimaient que 162 espèces envahissantes étaient entrées dans les lacs par différents accès. Aujourd'hui, certains scientifiques ont haussé leur estimation à plus de 170 espèces étrangères de poissons, d'invertébrés, de plantes, d'algues, de protozoaires et de parasites, et ils prévoient qu'on découvrira une nouvelle espèce étrangère dans les lacs tous les huit mois.[3] Les normes de l'Organisation maritime internationale en matière de rejet d'eaux de ballast entreront en vigueur douze mois après la ratification de trente États membres, transportant 35 % du tonnage maritime mondial. Même selon les meilleures prévisions, il pourrait s'écouler cinq à huit ans avant que les dispositions de la Convention soient entièrement en vigueur. Étant donné le rythme actuel d'introduction, les Grands Lacs pourraient compter de huit à douze espèces étrangères supplémentaires pendant cette période. L'une ou l'autre de ces espèces pourrait s'avérer aussi destructrice sur les plans écologiques et économiques que celles déjà dans le système, et même plus.

Un plan régional binational est essentiel si nous espérons mettre un frein à cette invasion avant la ratification et la mise en œuvre de la Convention. Un nombre limité de points d'entrée vers les Grands Lacs doivent être contrôlés pour stopper les espèces aquatiques envahissantes. Par exemple, les navires de haute mer accèdent aux lacs par un seul point d'accès, la voie maritime du Saint-Laurent, partagée entre le Canada et les États-Unis. Le nombre et la classe des navires étrangers qui mouillent dans les eaux des lacs, ainsi que leur cargaison, sont bien documentés, tout en étant beaucoup plus faciles à gérer que dans l'ensemble du secteur du transport maritime international. Les dispositions de la Convention de l'Organisation maritime internationale reconnaissent la nécessité d'une coopération régionale en prévoyant qu'une partie peut, individuellement ou en collaboration avec d'autres parties, imposer des mesures supplémentaires afin de prévenir, de réduire ou d'éliminer le transfert d'organismes aquatiques et d'agents pathogènes nocifs par les eaux de ballast et les sédiments des navires.

La Commission encourage fortement le Canada et les États-Unis à élaborer une approche régionale pour les Grands Lacs et elle est confiante qu'ils y parviendront. Cette approche devrait permettre de respecter ou dépasser les normes de l'Organisation maritime internationale, de resserrer les exigences s'appliquant aux navires transportant des eaux de ballast et des sédiments résiduels et d'enclencher un processus accéléré d'élaboration de réglementation.

Garder le fort

La Commission continue de manifester son inquiétude au sujet de l'entrée d'autres importants envahisseurs des Grands Lacs par d'autres accès que les eaux de ballast. Par exemple, la Commission est préoccupée par la menace que pose la carpe asiatique entrant dans les Grands Lacs par le Chicago Sanitary and Ship Canal. Les gouvernements fédéraux devraient assurer le maintien du financement et de l'autorité permettant l'utilisation et l'entretien de la barrière électrique contre cette espèce. En plus des efforts gouvernementaux, on devrait considérer des solutions et des occasions commerciales visant à réduire les risques associés à la carpe asiatique.

Les médias ont récemment accordé beaucoup d'attention aux problèmes associés au poisson-serpent dans le Maryland ainsi que, plus récemment, aux inquiétudes relatives aux organismes génétiquement modifiés, comme le GloFish™ (un poisson zèbre auquel on a ajouté un gène afin de le rendre fluorescent). La Commission continue de soutenir les organismes fédéraux, provinciaux et des États, ainsi que de collaborer avec eux, en vue de sensibiliser le grand public et de décourager les activités humaines contribuant au problème des espèces envahissantes dans les Grands Lacs, notamment le fait de relâcher intentionnellement ou accidentellement des poissons-appâts, des poissons d'aquarium et des poissons vivants destinés à la consommation humaine.

L'introduction de nouvelles espèces exotiques pourrait entraîner des coûts économiques annuels de l'ordre de centaines de millions de dollars ainsi que des dommages écologiques dans les Grands Lacs ayant des conséquences sur les deux pays.[4] Les gouvernements n'ont pas les moyens de jouer avec l'avenir de cette ressource naturelle extraordinaire. Jusqu'à ce que des mesures de prévention efficaces soient prises et appliquées de façon stricte, la durabilité écologique des lacs reste menacée.

Définir une approche régionale : les améliorations possibles

La solution au problème des espèces envahissantes dans les Grands Lacs doit être un effort de coopération axé sur les préoccupations régionales et comprendre une norme de protection biologique commune à l'ensemble des Grands Lacs. Cette solution nécessite la reconnaissance des technologies permettant de respecter les normes ainsi que l'amélioration des mesures de gestion des eaux de ballast pour les navires transportant des eaux de ballast et des sédiments résiduels. Elle doit de plus favoriser la coopération régionale et prévoir des mesures pour assurer la conformité. Cette approche régionale devrait être coordonnée grâce à un processus bien défini comprenant les éléments décrits dans les sections qui suivent.

Mettre en œuvre une norme de protection biologique pour les Grands Lacs

La science a démontré de façon concluante que le seul fait de remplacer les eaux de ballast par de l'eau contenant une forte concentration de sel n'élimine pas toutes les espèces aquatiques exotiques envahissantes, en particulier les spécimens de certaines espèces au stade benthique[5] ou au stade dormant qui restent dans les eaux et les sédiments résiduels des citernes de ballast. Depuis que l'échange des eaux de ballast est devenu obligatoire dans les Grands Lacs, il y a plus d'une décennie (United States Coast Guard 1993), le rythme d'introduction des espèces aquatiques envahissantes est resté approximativement le même. Le changement a plutôt touché les espèces elles-mêmes : il s'agit maintenant de plus petites espèces provenant des eaux libres, comme le zooplancton et le phytoplancton.[6]

En février 2004, après des années de discussion, l'Organisation maritime internationale a adopté une convention sur les eaux de ballast. S'il s'agit d'un pas en avant prometteur, ce n'est toutefois pas une solution immédiate. Les normes en matière de traitement des eaux de ballast entreraient en vigueur en 2009 pour les nouveaux navires (si la ratification est rapide), et en 2014 pour les navires existants, si suffisamment de pays ratifient l'entente. Ainsi, même si cette convention n'est pas encore en vigueur, la Commission est satisfaite du fait que la convention prévoit l'échange de 95 % des eaux de ballast, ce qui contribuerait à assurer que tous les navires atteignent le seuil d'efficacité maximal théorique d'échange.

La durabilité économique et écologique des Grands Lacs dépend de la mise en œuvre de normes de protection biologique plus efficaces que celles assurées par l'échange des eaux de ballast actuellement en usage.

Une norme de protection biologique pour les Grands Lacs devrait :

- éliminer presque entièrement le risque d'introduction d'espèces exotiques envahissantes;
- tuer ou éliminer des organismes de tailles et de classes données;
- réduire le risque d'introduction d'organismes pathogènes;
- garantir une norme protégeant entièrement l'environnement d'eau douce des Grands Lacs, même si cette norme dépasse celle proposée dans la Convention de l'Organisation maritime internationale.

Étant donné qu'un grand nombre d'organismes peuvent être trouvés dans les citernes de ballast, des analyses d'échantillons peuvent être longues et coûteuses. La Commission convient que l'analyse d'un échantillon pour un ensemble de certains organismes indicateurs est acceptable. Cet ensemble d'indicateurs devrait comprendre des indicateurs d'agents anthropopathogènes comme le choléra, à tout le moins, ainsi que des indicateurs habituels de contamination par des matières fécales humaines ou animales comme *Escherichia coli* ou *Enterococci*. La norme de protection biologique pourrait être à l'origine de nouvelles technologies permettant de la mettre en œuvre ainsi que de nouvelles méthodes rapides pour en mesurer l'efficacité. La Commission conseille aux gouvernements de s'assurer, quand ils définiront la norme, que les analyses économiques tiennent compte des coûts environnementaux et sociétaux entraînés par les espèces envahissantes (contrôle, dommages, réduction des effets) ainsi que des coûts et des avantages des mesures de prévention. Ces analyses doivent faire partie intégrante de toute étude portant sur la navigation proposée au sujet des Grands Lacs, comme c'est le cas pour l'Étude du réseau Grands Lacs-Voie maritime du Saint-Laurent effectuée par les gouvernements.

Exiger l'homologation de la technologie pour établir la norme

La Commission approuve les dispositions de la Convention de l'Organisation maritime internationale ainsi que les mesures législatives américaines sur l'homologation des systèmes de traitement des eaux de ballast par le pays d'immatriculation d'un navire (c'est-à-dire par État du pavillon). Toute nouvelle technologie de traitement des eaux de ballast doit être vérifiée afin d'assurer qu'elle est adéquatement entretenue et qu'elle continue de fonctionner selon ses spécifications de conception. De la même manière, les méthodes de traitement doivent être mises à l'essai et homologuées comme étant sûres pour l'environnement et ne posant pas de risques pour le navire et son équipage. Les pays membres de l'Organisation maritime internationale doivent pleinement soutenir la recherche et le développement de méthodes d'échantillonnage

rapides et efficaces en vue de fournir aux inspecteurs les outils dont ils ont besoin pour appliquer la nouvelle réglementation en matière de rejet. On devrait aussi exiger des pays membres qu'ils fournissent aux compagnies de navigation les renseignements pertinents dont elles ont besoin pour respecter les normes d'homologation établies par la réglementation de la Convention.

Exiger l'amélioration des pratiques de gestion sur l'absence d'eaux de ballast à bord

Environ 70 % des navires qui entrent dans les Grands Lacs ne contiennent pas d'eaux de ballast et ont préalablement été exemptés des exigences réglementaires. Toutefois, les citernes de ballast de tous les navires contiennent des eaux et des sédiments résiduels et ne sont donc jamais complètement « vides ». Sous un certain niveau, il devient impossible de pomper l'eau et les sédiments des citernes de ballast, ce qui laisse des résidus pouvant héberger des œufs et des spores d'espèces envahissantes.[7] On devrait exiger des navires entrant dans les lacs et déclarant ne pas contenir d'eaux de ballast de prouver qu'ils se conforment aux pratiques de gestion des eaux de ballast visant précisément à réduire l'accumulation de sédiments pouvant héberger des organismes. Ces pratiques ont été conçues pour réduire les risques d'introduction d'espèces exotiques envahissantes par les eaux de ballast et les sédiments résiduels.

La Commission encourage les États-Unis et le Canada à prendre des mesures contre la menace que constituent les navires déclarant ne pas contenir d'eaux de ballast grâce à de nouvelles exigences s'appliquant à tous les navires pouvant transporter des eaux de ballast. La Commission est d'avis que cette démarche contribuera à résoudre le problème de l'introduction d'espèces envahissantes par les eaux et les sédiments résiduels contenus dans les citernes de ballast supposément « vides ». En vertu de cette réglementation, on devrait exiger que tous les navires entrant dans les Grands Lacs et contenant des eaux et des sédiments résiduels dans leurs citernes « vides » appliquent des pratiques améliorées de gestion des eaux de ballast. Ces pratiques viseraient à réduire la quantité de sédiments dans les citernes de manière à rendre ce milieu le moins accueillant possible pour les organismes et donc, vraisemblablement, réduire leurs chances de survie. Mais comme il n'a pas encore été démontré que les techniques existantes comme le « rinçage et vidange » (en anglais, « swish and spit ») sont efficaces ou pratiques pour tous les types de navire, il faut poursuivre la recherche afin de trouver de nouvelles techniques permettant de réduire les risques d'introduction d'espèces exotiques envahissantes par les citernes contenant des eaux et des sédiments résiduels.

La Commission conseille aux gouvernements de fournir du financement supplémentaire destiné à la recherche afin :

- d'affecter des plates-formes d'essai en vue de tester en grandeur réelle des technologies de traitement des eaux de ballast dans les Grands Lacs;
- d'élaborer et d'adopter des technologies de rechange en vue de dépasser les normes en matière de rejet des eaux de ballast proposées dans la Convention;
- de valider l'efficacité du rejet et du traitement des eaux de ballast dans l'écosystème des Grands Lacs;
- d'élaborer des outils et des procédures d'analyse en vue de détecter les nouvelles espèces envahissantes posant un risque élevé ainsi que des techniques comme les empreintes génétiques[8] qui pourraient être utilisées pour identifier le point d'origine de ces espèces.

Promouvoir une coopération régionale continue

Les organismes canadiens et américains coopèrent depuis longtemps en ce qui concerne les Grands Lacs. Le Plan d'urgence bilatéral Canada-États-Unis en cas de pollution des eaux assure un excellent cadre d'intervention binationale en cas de déversement de pétrole ou de produits chimiques dangereux. Toutefois, la coordination des efforts nécessaires pour traiter la question des espèces aquatiques exotiques envahissantes constitue un défi de taille en raison de la vaste portée de cette question et de sa grande complexité sur le plan institutionnel.

L'intervention des gouvernements en ce qui a trait aux espèces aquatiques exotiques envahissantes est compliquée par différents facteurs comme le caractère international du transport maritime, auquel se combinent la participation de nombreux organismes fédéraux, provinciaux et des États responsables de la faune aquatique et terrestre, des transports, de l'agriculture, de la lutte antiparasitaire, de la foresterie, de l'alimentation et de la santé publique. Ces organismes ont tous des missions et des compétences ayant trait à l'un ou l'autre des aspects du problème des espèces envahissantes. De plus, plusieurs organisations tribales et non gouvernementales réagissent à cette menace.

Il n'est pas surprenant que ces organismes responsables agissent souvent d'une manière désordonnée qui mène à un dédoublement des efforts et à une utilisation inefficace de ressources limitées. Des groupes régionaux de spécialistes, comme le Great Lakes Panel on Aquatic Nuisance Species, créé par le United States Aquatic Nuisance Species Task Force et le National Invasive Species Council, ont été formés en vue d'encourager la coopération entre les organismes régionaux afin de trouver des solutions à ce problème. Toutefois, le Commissaire à l'environnement et au développement durable du Canada et le General Accounting Office des États-Unis ont critiqué, dans leurs récents rapports, le manque de coordination régionale en ce qui a trait à la réaction à la menace des espèces envahissantes.[9]

Le 18 mai 2004, le Président Bush a créé, par la signature d'un décret, le U.S. Interagency Task Force visant à améliorer la coordination régionale interagences aux États-Unis en ce qui a trait à tous les problèmes touchant les Grands Lacs. Cette mesure a été accueillie par l'honorable David Anderson, ministre de l'Environnement du Canada, lors d'une déclaration, diffusée le 19 mai 2004, dans laquelle il reconnaissait le long historique de coopération entre le Canada et les États-Unis à l'appui de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs ainsi que l'intention du Canada de collaborer avec ce nouveau groupe de travail. Les deux pays devraient poursuivre cette initiative et, dans le cadre de ces efforts, harmoniser leurs plans de prévention nationaux en matière d'espèces envahissantes et améliorer les mesures préventives, en particulier les procédures concernant les eaux et les sédiments résiduels dans les citernes de ballast. Ces démarches devraient mener à la mise en œuvre d'une entente régionale de coopération incluant une norme binationale unique de protection de l'environnement quant au rejet des eaux de ballast pour l'ensemble de la région des Grands Lacs, comme le prévoit l'article 13 de la *Convention internationale sur le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires* de l'Organisation maritime internationale.

Les caractéristiques opérationnelles pouvant avoir des répercussions sur une solution régionale sont les paramètres économiques régionaux, le contrôle de la circulation maritime, l'identification automatisée des navires ainsi que la réglementation des autorités de la voie maritime. Ainsi, les gouvernements et les organismes touchés devraient objectivement prendre en considération une panoplie de mesures visant à éliminer la menace que constituent les envahisseurs des eaux douces. Ces mesures comprennent :

- des technologies de traitement à bord des navires;
- des technologies utilisées sur les rives;
- des installations de transfert de cargaison combinées à un accès restreint pour les navires étrangers provenant de ports contenant un biote pouvant constituer une menace pour l'écosystème aquatique des Grands Lacs.

Chacune des options doit être examinée objectivement d'un point de vue économique et environnemental en vue d'élaborer un programme de prévention réaliste qui répond le mieux possible aux besoins de la région des Grands Lacs.

Élaborer des mesures assurant la conformité

Les progrès à venir dans le domaine des technologies de localisation de l'origine, comme l'empreinte génétique, devraient permettre aux organismes de réglementation d'analyser les rejets d'eaux de ballast afin de vérifier la présence d'espèces exotiques envahissantes. Cette technologie devrait idéalement permettre d'attribuer la responsabilité financière associée aux dommages entraînés par la pollution biologique.

Il pourrait venir un jour où l'introduction d'une espèce aquatique envahissante nuisible et l'attribution de la responsabilité associée aux dommages entraînés pourraient contribuer à établir le coût d'une police d'assurance maritime ou à déterminer la possibilité d'en obtenir une. La volonté des compagnies de navigation et de leurs assureurs d'éliminer les risques de responsabilité, associée aux sanctions prévues par les dispositions réglementaires, pourrait ainsi devenir une puissante mesure incitative à se conformer aux normes sur le rejet.

Requérir l'assistance de la Commission mixte internationale

La Commission mixte internationale est la mieux placée pour fournir des conseils indépendants et objectifs aux Parties. Elle maintient l'opinion qu'elle a émise dans ses dixième et onzième rapports biennaux selon laquelle les Parties devraient lui confier par renvoi[10] le mandat de définir les approches qui permettraient d'harmoniser et de coordonner les efforts visant à prévenir l'introduction d'espèces exotiques envahissantes dans les Grands Lacs.[11] Parmi les domaines dans lesquels la Commission pourrait aider les Parties, on compte :

- programmes par les organismes gouvernementaux;
- l'évaluation d'outils et de techniques visant à contrer l'introduction provenant de sources comme la vente de poisson de consommation vivant, le marché des poissons d'aquarium, les seaux à appâts et l'aquaculture;
- l'évaluation du bien-fondé des programmes existants et, si nécessaire, la recommandation de meilleurs mécanismes de coordination binationale de la recherche et du développement, notamment la recherche visant à définir une norme régionale;
- l'amélioration de la sensibilisation du public et de la vulgarisation;
- la production de rapports sur les aspects économiques, y compris les dommages possibles entraînés par les espèces aquatiques envahissantes, le coût des moyens offerts par la technologie et des mesures applicables aux transports ainsi que les répercussions des solutions de rechange sur l'économie régionale.

Le caractère sans frontière du problème des espèces exotiques envahissantes nécessite une coopération et une vigilance soutenues de la part des autorités fédérales, provinciales et des États en vue d'examiner l'ensemble des lois et des règlements pertinents. En raison des coûts environnementaux entraînés par l'établissement d'une espèce envahissante, les organismes gouvernementaux devraient prendre toutes les mesures nécessaires afin de réduire la menace que constitue l'introduction intentionnelle ou accidentelle de ces espèces. La Commission est prête à aider les gouvernements des États-Unis et du Canada à relever ce défi.

La Commission fait les recommandations suivantes.

Les gouvernements devraient prendre les mesures suivantes en vue d'éliminer la menace et les répercussions liées aux espèces aquatiques exotiques envahissantes dans les Grands Lacs.

Il est recommandé de prendre immédiatement les mesures suivantes :

- aux États-Unis, adopter la *National Aquatic Invasive Species Act* (*NAISA*, loi nationale sur les espèces aquatiques envahissantes)[12] réhabilitant la *National Invasive Species Act* de 1996 (*NISA*, loi nationale sur les espèces envahissantes)[13];
- au Canada, mettre en œuvre le Plan d'action national de lutte contre les espèces aquatiques envahissantes et compléter les pratiques exemplaires obligatoires de gestion des eaux de ballast;
- ratifier et mettre en œuvre la *Convention internationale sur le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires* de l'Organisation maritime internationale, et amplifier les mesures et accélérer l'échéancier dans ce domaine.

Il est recommandé de confier les tâches ci-dessous à la Commission mixte internationale au moyen d'un renvoi portant sur les espèces aquatiques envahissantes :

- contribuer à identifier les façons les plus efficaces de coordonner les efforts de prévention binationaux et d'harmoniser les plans nationaux, plus particulièrement en ce qui concerne les eaux et les sédiments résiduels dans les citernes de ballast;
- évaluer l'efficacité des ententes actuelles entre les institutions;
- participer à la mise en place d'une norme régionale supérieure au minimum exigé par la Convention de l'Organisation maritime internationale;
- s'assurer que les analyses économiques menées pour des projets ayant des répercussions potentielles sur l'environnement traitent des coûts environnementaux et sociétaux du contrôle et de la réduction des espèces envahissantes et des dommages qu'elles entraînent ainsi que des coûts et des avantages des mesures de prévention;
- participer à l'éducation du public et aux communications.

Contamination microbienne

La Commission reste préoccupée par la pollution microbienne dans l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Si des problèmes graves ne surviennent pas fréquemment, deux éclosions assez récentes de maladies hydriques au Wisconsin et en Ontario ont mis en évidence qu'un potentiel réel de tragédie continue d'exister si l'eau potable n'est pas traitée adéquatement ou si elle est menacée par des charges importantes de pollution. En 1993, une défaillance manifeste du traitement des eaux à Milwaukee au Wisconsin a provoqué environ 400 000 cas de maladies diarrhéiques et environ 100 décès, la plupart causés par le parasite *Cryptosporidium*. Moins d'une décennie plus tard (en 2000), dans la ville de Walkerton en Ontario (située à moins de 40 kilomètres du lac Huron), plus de 2 300 personnes ont été malades et sept sont décédées après que de fortes pluies ont contaminé un puits municipal d'eau potable et que les processus de traitement des eaux ont fait défaut, entraînant une éclosion des bactéries *Escherichia coli (E. coli.)* 0157 et *Campylobacter jejuni*.

Les éclosions de maladies infectieuses microbiennes montrent la fragilité des barrières conçues pour protéger la santé publique. Selon les recherches, ces éclosions pourraient ne représenter qu'une fraction du nombre de maladies gastro-intestinales causées par la pollution microbienne chaque année.[14] Les Centers for Disease Control américains signalent de plus en plus de cas de maladies hydriques infectieuses aux États-Unis, et on estime que de 6 à 40 % de l'ensemble des cas de toutes les maladies gastro-intestinales du pays pourraient être d'origine hydrique.[15] Des rapports semblables pour le Canada montrent qu'entre 1974 et 1996, dernière année pour laquelle des données ont été recueillies, plus de 200 éclosions de maladies infectieuses signalées étaient associées à l'eau potable.[16]

Origines des agents pathogènes

La Figure 2 **(utilisée avec la permission de M. Barry Rosen)** montre les provenances possibles des agents pathogènes présents dans les matières fécales humaines et animales qui aboutissent dans les plans d'eau, comme les Grands Lacs, et dans l'eau potable, par différentes sources, comme les déchets des animaux domestiques dans les parcs urbains, les déchets humains et animaux provenant de l'épandage de boues, les piles de stockage de fumier et les fuites dans les fosses septiques. Quand plusieurs collectivités voisines utilisent des cours d'eau, comme c'est le cas pour une bonne partie des régions canadiennes et américaines des Grands Lacs, les débordements d'eaux usées peuvent entraîner des risques de concentrations élevées de pollution microbienne pour les collectivités en aval.[17]

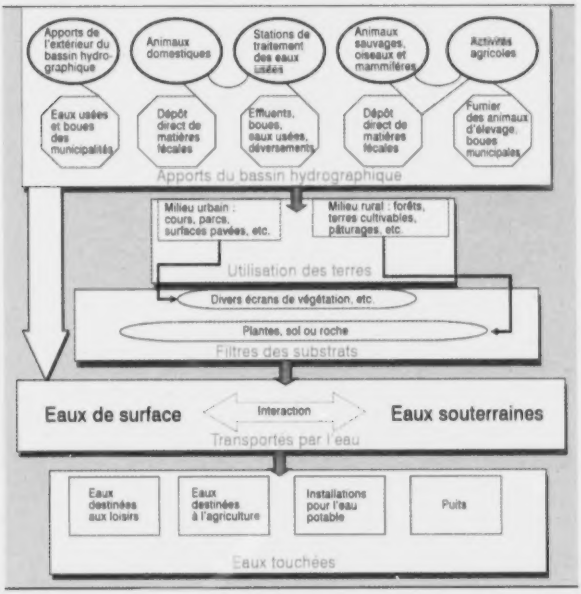


Figure 2 Accès potentiels des agents pathogènes d'origine hydrique

Plusieurs facteurs pouvant entraîner une contamination microbienne et avoir un effet sur la qualité de l'eau et la santé humaine sont énumérés au Tableau 1.

Tableau 1 Facteurs associés au risque d'apparition de nouveaux agents pathogènes et répercussions sur la qualité de l'eau et sur la santé dans le bassin des Grands Lacs

FACTEUR	PERTINENCE EN MATIÈRE ENVIRONNEMENTALE	RÉSULTAT
Croissance de la population et infrastructure vieillissante	• Augmentation des déchets, augmentation des rejets non traités • Augmentation du ruissellement provenant des surfaces imperméables	• Apports élevés d'agents pathogènes, de bactéries, de parasites et de virus • Augmentation du nombre d'usagers des plages urbaines • Accroissement des populations sensibles
Agriculture intensive	• Augmentation de la quantité de fumier produit par superficie de territoire	• Ruissellement d'agents pathogènes vers les plans d'eau locaux et les eaux souterraines
Transport international	• Présence d'espèces envahissantes dans les rejets d'eaux de ballast, dans les produits ou dans les matériaux d'emballage	• Risques connus pour l'écosystème, par exemple le choléra en Amérique du Sud
Changements climatiques	• Modification du mouvement et de la survie des agents pathogènes entraînée par l'augmentation des orages et des périodes de sécheresse	• Augmentation du risque de maladies hydriques associées aux pluies, aux orages et à la température

(Adaptation du rapport *Priorités 2001-2003* de la CMI)[18]

Dans nombre de villes plus vieilles, les systèmes de collecte ont été conçus pour transporter les eaux usées et le ruissellement des eaux pluviales d'orage. Pendant les orages forts, l'eau affluant dans ces systèmes menace de surcharger le traitement. Les déversoirs d'orage permettent à ce mélange d'eaux de ruissellement et d'eaux usées de contourner les stations de traitement, ce qui protège ainsi les installations, mais dirige le mélange d'eaux de ruissellement et d'eaux usées brutes et non traitées dans les lacs et les cours d'eau.[19] L'Environmental Protection Agency des États-Unis estime que des billions de litres d'eaux usées d'origine humaine non traitées sont rejetés par les déversoirs d'orage après des épisodes de pluie forte chaque année.[20] En 2001, les municipalités ont rejeté 196.6 milliards de litres (52 milliards de gallons) d'eaux usées et d'eaux partiellement traitées dans les eaux du lac Michigan seulement.[21]

Les agents pathogènes entrent dans l'écosystème des Grands Lacs par le ruissellement de surface et l'érosion s'écoulant des piles de stockage de fumier, de l'épandage de boues ou des débordements et des rejets provenant des parcs d'attente, des bassins de retenue et des lagunes de stockage, dont l'eau peut passer dans le sol et les eaux souterraines par lessivage. Les agriculteurs épandent des boues d'épuration traitées provenant de stations de traitement d'eau potable et de stations de traitement des eaux usées sur leurs terres cultivables afin d'ajouter des éléments nutritifs au sol et de réduire les quantités nécessaires de fertilisants plus coûteux. Ces eaux usées sanitaires traitées contiennent des microbes et d'autres polluants qui contaminent les eaux souterraines et les eaux de surface dans les conditions ambiantes. Les fermes industrielles actuelles, connues aux États-Unis sous le nom de « Concentrated Animal Feeding Operations (CAFO) », ou exploitations intensives d'engraissement du bétail, constituent une source potentielle importante d'agents pathogènes d'origine microbienne dans les eaux de surface et l'eau potable. Les agriculteurs de ces types d'installation utilisent l'épandage de grands volumes de déchets d'origine animale sur leurs terres comme méthode d'élimination des déchets. Il s'agit d'un changement remarquable en comparaison avec les méthodes de gestion passées, dans le cadre desquelles on épandait moins de déchets animaux sur les cultures. Dans certaines conditions, cet épandage favorise le transport et la croissance d'agents pathogènes (Figure 3).

Fermeture des plages de la rive ouest du lac Huron

En 2003, un microbiologiste de la Huron County Health Unit a analysé les données sur la qualité de l'eau des plages sur une période de dix ans et a découvert qu'il existait un secteur de 40 kilomètres, au sud de Walkerton, qui avait régulièrement présenté des niveaux élevés de pollution bactérienne. À la suite de cette découverte, le programme de prélèvement d'échantillons d'eau des plages a été amélioré, les ressources ont été adaptées et le processus de diffusion a été modifié. Les petits cours d'eau, nombreux dans le secteur, présentent des niveaux de *E. coli* supérieurs aux directives provinciales sur la qualité de l'eau. Une analyse de laboratoire effectuée pour les propriétaires locaux montre que la E. coli provient d'eaux usées animales et de sources non humaines. Les contaminants sont concentrés sur le littoral, qui est aussi l'habitat critique pour nombre d'organismes aquatiques.[22] Un projet actuel de l'Ontario a pour but de définir si les agents pathogènes communs des animaux de ferme, des fosses sceptiques et des espèces sauvages nuisent à la qualité de l'eau dans cette région.

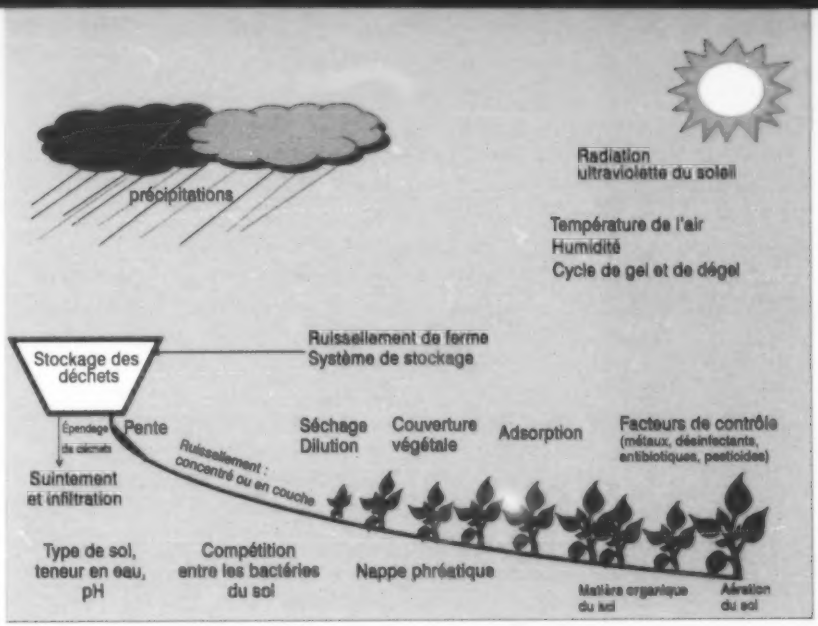


Figure 3 Facteurs influençant la viabilité le long des voies de transport

Les petites fermes d'élevage épandent le fumier de leurs animaux sur leurs cultures afin de les fertiliser. Les fermes d'élevage plus importantes, qui rassemblent des milliers de vaches, de porcs, de poulets ou d'autres animaux dans un espace restreint, ont en général moins d'espace en proportion de la quantité de déchets qu'elles produisent. Les éleveurs d'animaux de ferme de l'Ontario qui sont ou qui seront assujettis à la *Loi sur la gestion des éléments nutritifs 2002* doivent respecter des exigences strictes relatives à l'épandage des éléments nutritifs sur une assise territoriale adéquate. Les méthodes actuelles de gestion des grands volumes de déchets animaux ne semblent pas suffisantes puisque nombre de rapports établissent des liens entre les rejets et le ruissellement contaminés des exploitations intensives d'engraissement du bétail à grande échelle et la dégradation de plans d'eau aux États-Unis et l'apparition de maladies au Canada.[23] Des conditions et des inquiétudes semblables ont été signalées au Canada.[24] Afin de mieux comprendre la source, l'étendue et le type de la contamination microbienne, ainsi que ses répercussions, il faut rassembler des données sur le nombre de fermes et leur type, y compris les exploitations intensives d'engraissement du bétail.

En février 2003, l'Environmental Protection Agency des États-Unis a publié de nouvelles directives sur la qualité de l'eau pour les exploitations intensives d'engraissement du bétail (*National Pollutant Discharge Elimination System Permit Regulation and Effluent Limitation Guidelines and Standards for Concentrated Animal Feeding Operations (CAFO): Final Rule*).[25] Conformément à la règle finale, ces installations doivent élaborer et mettre en œuvre leurs propres plans complets de gestion des éléments nutritifs visant à protéger l'environnement et la santé publique. On y établit des directives et des normes sur la limitation des effluents en ce qui a trait aux éléments nutritifs, mais aucune directive sur le rejet de contaminants microbiens.

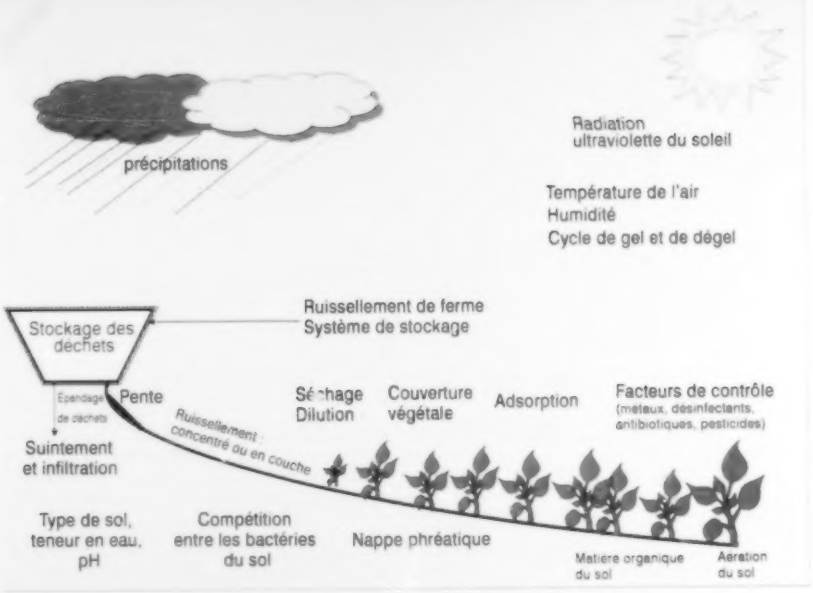


Figure 3 — Facteurs influençant la viabilité le long des voies de transport

Les petites fermes d'élevage épandent le fumier de leurs animaux sur leurs cultures afin de les fertiliser. Les fermes d'élevage plus importantes, qui rassemblent des milliers de vaches, de porcs, de poulets ou d'autres animaux dans un espace restreint, ont en général moins d'espace en proportion de la quantité de déchets qu'elles produisent. Les éleveurs d'animaux de ferme de l'Ontario qui sont ou qui seront assujettis à la *Loi sur la gestion des éléments nutritifs 2002* doivent respecter des exigences strictes relatives à l'épandage des éléments nutritifs sur une assise territoriale adéquate. Les méthodes actuelles de gestion des grands volumes de déchets animaux ne semblent pas suffisantes puisque nombre de rapports établissent des liens entre les rejets et le ruissellement contaminés des exploitations intensives d'engraissement du bétail à grande échelle et la dégradation de plans d'eau aux États-Unis et l'apparition de maladies au Canada.[7] Des conditions et des inquiétudes semblables ont été signalées au Canada.[8] Afin de mieux comprendre la source, l'étendue et le type de la contamination microbienne, ainsi que ses répercussions, il faut rassembler des données sur le nombre de fermes et leur type, y compris les exploitations intensives d'engraissement du bétail.

En février 2003, l'Environmental Protection Agency des États-Unis a publié de nouvelles directives sur la qualité de l'eau pour les exploitations intensives d'engraissement du bétail (*National Pollutant Discharge Elimination System Permit Regulation and Effluent Limitation Guidelines and Standards for Concentrated Animal Feeding Operations (CAFOs): Final Rules*).[9] Conformément à la règle finale, ces installations doivent élaborer et mettre en œuvre leurs propres plans complets de gestion des éléments nutritifs visant à protéger l'environnement et la santé publique. On y établit des directives et des normes sur la limitation des effluents en ce qui a trait aux éléments nutritifs, mais aucune directive sur le rejet de contaminants microbiens.

En juin 2002, l'Ontario a, de manière analogue, adopté la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs* (projet de loi 81).[26] Les projets de règlements pris conformément à cette loi exigeraient que les installations qui produisent des éléments nutritifs (y compris les stations de traitement des eaux usées et les usines de pâtes et papiers) ou qui en épandent (y compris l'épandage de fertilisants commerciaux aux terres agricoles) doivent élaborer des stratégies de gestion des éléments nutritifs. En juin 2003, l'Ontario a modifié les règlements de manière à ce qu'ils s'appliquent aussi aux nouvelles grandes exploitations d'élevage ainsi qu'à celles qui sont en croissance. Les règlements s'appliqueront aux grandes exploitations d'élevage existantes en 2005, mais ils ne comprennent pas de contrôles de la contamination microbienne provenant des déchets animaux. Le Plan agro-environnemental de l'Ontario, un programme mené par les exploitants agricoles et créé par la Ontario Farm Environmental Coalition, est devenu le modèle d'une initiative nationale qui sera mise en œuvre au cours des prochaines années. Plus de 26 000 fermes ont participé à ce programme, financé par les gouvernements fédéral et provincial, qui a pour but de réduire les risques environnementaux sur les fermes de l'Ontario. Il faudrait encourager de telles initiatives.

Le Government Accountability Office des États-Unis a produit, en 2003, un rapport sur le programme de réglementation de l'Environmental Protection Agency encadrant les exploitations d'engraissement du bétail en vue de déterminer à quels enjeux les États et l'Environmental Protection Agency pourraient être confrontés au moment de mettre en œuvre les modifications au programme.[27] Le Government Accounting Office a établi qu'en raison de la hausse marquée du nombre d'exploitations d'engraissement du bétail soumis à la réglementation, les États devront redoubler d'efforts en vue d'identifier les exploitations, de leur accorder des permis, de les inspecter ainsi que de prendre les mesures nécessaires contre celles qui ne respectent pas la réglementation. Le Government Accounting Office a tiré les deux conclusions que voici : d'abord, l'Environmental Protection Agency devra surveiller de plus près les programmes des États afin d'assurer que les nouvelles exigences sont respectées, et ensuite, ni les États ni l' l'Environmental Protection Agency n'ont encore établi la marche à suivre.

Détecter les agents pathogènes et évaluer les risques

Comme la santé humaine est en jeu, le moment, la fréquence, la rapidité et la conformité du prélèvement d'échantillons et de l'interprétation des résultats sont primordiaux en vue de décider de fermer une plage ou d'émettre un avis d'ébullition de l'eau potable. Il est impossible de détecter tous les agents pathogènes en raison de différents facteurs, dont les coûts, l'absence de tests adéquats et la sensibilité de certains tests. Ainsi, les responsables de la qualité de l'eau utilisent les indicateurs *E. coli* pour évaluer la probabilité de la présence d'agents anthropopathogènes. Les recherches récentes montrent qu'au moins une partie des taux apparemment élevés

de bactéries *E. coli* détectées dans les eaux de surface et les eaux destinées aux loisirs pourraient ne pas être d'origine humaine, mais plutôt provenir d'oiseaux et d'autres animaux.[28] Si ces études préliminaires peuvent, dans certains cas, éliminer les origines humaines de la bactérie *E. coli*, elles ne font pas état de la présence d'autres agents pathogènes, comme *Giardia*, *Campylobacter* ou *Cryptosporidium*, qui proviennent de déchets animaux et peuvent entraîner des éclosions de maladies hydriques. Ainsi, les organismes de santé publique doivent avoir à leur disposition des tests permettant de détecter d'autres agents pathogènes importants afin d'être en mesure de fournir des renseignements adéquats sur la qualité de l'eau des plages. Les autorités doivent élaborer et utiliser des méthodes d'analyse rapides et sensibles pour détecter les agents pathogènes, méthodes qui permettraient aux collectivités d'éviter des risques inutiles pour la santé grâce à la diffusion rapide d'avis sur l'eau potable et la baignade.

Faiblesses de la détection des agents pathogènes

Les parasites et les virus peuvent être détectés dans la plupart des effluents de traitement secondaire, et une seule station de traitement des eaux usées peut introduire un grand nombre d'agents pathogènes dans un plan d'eau.[29] Ils peuvent vivre dans l'environnement pour de longues périodes, et les bactéries indicatrices de contamination fécale ne fournissent pas de renseignements adéquats sur leur survie et leur inactivation au cours du processus de traitement des eaux usées.[30] Les organismes de réglementation ont besoin de données supplémentaires pour élaborer des modèles qui permettent d'estimer le risque pour les humains et les animaux sauvages exposés à des agents pathogènes microbiens présents sur les plages, dans les eaux de baignade et dans les eaux entrant dans les stations de traitement.

Les responsables locaux des eaux et les citoyens ne surveillent habituellement pas la contamination microbienne des puits, ce qui laisse un grand nombre de personnes vulnérables tant à la contamination chimique qu'à la contamination microbienne.[31] Dans le *Rapport de la Commission d'enquête sur Walkerton* (2002), l'honorable juge O'Connor recommandait que l'Agence Ontarienne des Eaux et les municipalités renseignent et informent mieux les citoyens utilisant des puits privés sur les contaminants auxquels ils peuvent être exposés.[32] Les paliers supérieurs de gouvernement pourraient fournir des ressources supplémentaires aux autorités locales en matière de santé afin que la sécurité des sources d'eau privées soit évaluée.

Même quand une maladie hydrique survient, il peut être difficile de la détecter. Ainsi, les cas de maladies causées par des agents pathogènes présents dans l'eau sont probablement sous-déclarés aux autorités de la santé publique.[33] La plupart des personnes touchées par une maladie gastro-intestinale causée par un agent pathogène présent dans l'eau souffriront de symptômes ressemblant à ceux de la grippe plusieurs jours après y avoir été exposées, se doutant rarement que de l'eau contaminée est en cause et

assumant souvent qu'il s'agit d'un empoisonnement alimentaire. Ainsi, les éclosions de maladies ne sont pas détectées de manière constante et sont rarement identifiées adéquatement par les cliniciens. Les autorités de santé publique sous-estiment donc le nombre total de cas de maladies causées par le contact avec de l'eau contaminée ou par sa consommation.[34] En conséquence, on ne peut entièrement connaître l'ampleur du problème que constituent les maladies hydriques infectieuses au Canada et aux États-Unis.[35]

Il est clair que les organismes de réglementation et les responsables de la santé ont besoin de nouveaux outils pour surveiller et étudier les contaminants microbiens et leurs effets sur les populations humaines.[36] Heureusement, les progrès de la biologie moléculaire permettent maintenant aux chercheurs et aux épidémiologistes de mieux surveiller les maladies hydriques et d'en identifier la source.

Nouveaux agents pathogènes

Des scientifiques ont récemment reconnu de nouveaux agents infectieux ou des agents infectieux refaisant leur apparition et qui n'étaient pas auparavant associés aux maladies hydriques.[37]

Certains spécialistes croient que l'utilisation massive et grandement non réglementée d'antibiotiques en agriculture et en aquaculture associée au nombre croissant d'agents pathogènes résistants aux antibiotiques présents à l'état naturel pourraient augmenter les risques pour l'environnement aquatique et la santé humaine.[39] Les bactéries résistantes aux antibiotiques se sont répandues dans l'environnement par l'usage sans discernement d'antibiotiques dans les soins de santé des êtres humains et des animaux.[40] Si l'on permet aux bactéries résistantes aux antibiotiques de survivre au traitement de l'eau, ou si elles infectent les êtres humains au cours d'activités récréatives, il sera beaucoup plus difficile pour les médecins de trouver le remède approprié pour les personnes atteintes.

Leçon pour les Grands Lacs? Tragédie de Walkerton

L'éclosion de maladie hydrique survenue en mai 2000 à Walkerton en Ontario, provoquée par la contamination d'un puits traité de façon inadéquate au chlore, met en lumière la nécessité d'une vigilance constante et de l'élaboration de nouvelles méthodes de détection de ce type de menace.[41] La localité de Walkerton, située à moins de 40 kilomètres (23 miles) du lac Huron, ressemble à de nombreuses autres villes du bassin des Grands Lacs. Les circonstances ayant mené à cette tragique éclosion de maladie à Walkerton étaient le résultat d'un enchaînement d'erreurs humaines et ont entraîné des pertes de vie, des pertes de santé, des pertes de productivité et la perte

Tableau 2 **Agents pathogènes hydriques, maladies associées, sources des déchets**

Adaptation, *Swimming in Sewage*, Tableau 1, agents pathogènes hydriques (NRDC, 2004)[37]

Agents pathogènes	Effets aigus / Effets chroniques ou à long terme	Déchets
Bactéries :		
Campylobacter jejuni	Gastro-entérite / décès entraîné par le syndrome de Guillain-Barré	Matières fécales humaines ou animales
Escherichia coli (souche pathogène)	Gastro-entérite / *E.coli O157:H7*	Eaux usées domestiques
Leptospira	Leptospirose	Urine animale
Salmonella typhi	Fièvre typhoïde / arthrite réactionnelle	Eaux usées domestiques
Shigella dysenterriae	Dysenterie bacillaire	Matières fécales humaines, eaux usées domestiques
Vibrio cholera	Choléra / décès	Eaux usées domestiques, mollusques, eau salée
Yersinia spp.	Gastro-entérite aiguë / diarrhée, douleurs abdominales, arthrite	Eau, lait, tube digestif des mammifères
Virus :		
Adénovirus	Infections respiratoires et gastro-intestinales	Eaux usées domestiques
Calicivirus	Gastro-entérite	Eaux usées domestiques
Virus Coxsackie (certaines souches)	Maladies respiratoires graves, fièvre, rash, paralysie, méningite, etc.	Eaux usées domestiques
Échovirus	Semblables au virus Coxsackie	Eaux usées domestiques
Hépatite A	Hépatite infectieuse (foie); reins et rate	Eaux usées domestiques
Virus Norwalk et virus semblable à Norwalk	Gastro-entérite	Eaux usées domestiques
Virus de la poliomyélite	Poliomyélite	Eaux usées domestiques
Rotavirus	Gastro-entérite	Eaux usées domestiques
Protozoaires :		
Cryptosporidium parvum	Gastro-entérite / décès chez les personnes immunocompromises	Matières fécales humaines ou animales
Cyclospora cayetanensis	Gastro-entérite	Matières fécales humaines
Entamoeba histolytica	Amibiase (dysenterie amibienne)	Matières fécales humaines ou animales, eaux usées domestiques
Giardia lambia	Giardiase, diarrhée, intolérance au lactose, douleurs articulaires	Matières fécales humaines
Toxoplasma gondii	Perte d'acuité auditive et visuelle, déficience mentale, démence ou convulsions	Matières fécales des chats
Helminthes (vers) :		
Trématodes digènes (douves)		
Schistosoma sp. (Bilharzia)	Schistosomiase	Matières fécales humaines
Trichuris trichiura	Asymptomatique, ou divers symptômes pouvant aller jusqu'à l'hémorragie chronique	Matières fécales humaines
Ancylostoma duodenal	Anémie ferriprive et carence protéique	Matières fécales humaines
Ascaris lumbricoides	Ascariasis	Matières fécales des humains, des porcs ou d'autres animaux

de la confiance du grand public. Une tragédie comme celle-là ne doit pas se reproduire. L'honorable juge Dennis O'Connor a conclu, dans son rapport sur l'incident, que le risque d'insalubrité de l'eau potable pouvait être réduit à un niveau négligeable grâce à la mise en œuvre d'une approche à barrières multiples, ou à diverses mesures indépendantes, assurant une barrière complète à la contamination de l'eau.[42] Le rapport canadien *De la source au robinet* transmet un message semblable selon lequel la protection des sources d'eau potable, associée à plusieurs étapes de traitement dans les stations de traitement de l'eau potable comme les coagulants, la filtration et la désinfection, forment une approche à barrières multiples réduisant les risques pour la santé publique.[43]

Croissance de la population et modernisation des infrastructures hydrauliques

Au fil de la croissance économique et de l'augmentation de la population, nous prévoyons de nouveaux défis plus importants. Au cours des cinquante dernières années, aux États-Unis, les programmes visant l'entretien et la modernisation des infrastructures de traitement des eaux usées, de gestion des eaux pluviales d'orage et de traitement et de distribution de l'eau potable ont été financés de manière inadéquate.[44] Certains spécialistes ont décrit cette infrastructure comme étant « cruellement sous-financée » depuis les années 90.[45]

L'Environmental Protection Agency des États-Unis a récemment estimé que les investissements nationaux dans les services d'eau doivent être accrus de 151 milliards de dollars au cours des vingt prochaines années afin d'entretenir l'infrastructure hydraulique publique et d'assurer l'approvisionnement sûr en eau.[46] Dans son rapport *Report Card for America's Infrastructure*, l'American Society of Civil Engineers signale que certains systèmes d'alimentation en eau potable et réseaux d'égouts ont plus de cent ans et que nombre d'entre eux ont dépassé leur durée de vie recommandée.[47] Ce rapport mettait en lumière un manque à gagner national annuel de 11 milliards de dollars dans le cas de l'infrastructure de l'eau potable et de 12 milliards de dollars pour celle des égouts.

Les Canadiens ont appris récemment, dans le *Rapport de la Commission d'enquête sur Walkerton* du juge O'Connor, que l'amélioration du système d'approvisionnement en eau de l'Ontario nécessiterait des investissements importants, notamment des coûts ponctuels de 99 à 289 millions de dollars pour mettre en œuvre les recommandations, en plus de coûts permanents annuels de 17 à 49 millions de dollars. Les mesures déjà entreprises représentent des coûts ponctuels de 100 à 320 millions de dollars et des coûts permanents de 41 à 200 millions de dollars annuellement pour les gouvernements provinciaux.

Les améliorations devant être apportées aux stations de traitement des eaux usées afin de gérer les quantités supplémentaires prévues d'eaux usées sanitaires attendues en raison de la croissance de la population, en particulier pendant les orages et les périodes de pointe, pourraient coûter des milliards de dollars aux localités situées près des Grands Lacs. Par exemple, l'Environmental Protection Agency des États-Unis a récemment proposé une nouvelle politique de rechange en permettant aux stations de traitement des eaux usées de traiter ou de désinfecter partiellement les crues d'eaux usées pendant les orages forts. Ce processus, qu'on appelle en anglais « blending », mélange, permettrait aux stations de traitement de mélanger des eaux usées et des eaux pluviales à des eaux usées ayant été entièrement traitées. Afin de respecter les critères de qualité en ce qui a trait aux bactéries, les quantités de désinfectants chimiques, normalement des composés chlorés, seront probablement augmentés. Dans le rapport *Swimming in Sewage*, des spécialistes opposés à cette politique ont manifesté des inquiétudes au sujet des risques potentiels pour les humains liés non seulement à l'exposition à des contaminants microbiens, mais aussi à des concentrations élevées de sous-produits de désinfectants chimiques associés à des risques connus de cancer.[46] **La désinfection ordinaire n'est pas efficace pour réduire la présence des virus et des protozoaires dans les rejets d'eaux usées traitées, et ceux qui s'opposent à la politique affirment que le mélange permettra le rejet de charges encore plus grandes de ces microorganismes potentiellement pathogènes**.

Selon le *Rapport de la Commission d'enquête sur Walkerton*, mis à part les coûts directement associés à la maladie et aux décès, la tragédie de Walkerton à elle seule coûte plus de 64,5 millions de dollars. Cet incident démontre à quel point une défaillance du système peut entraîner d'énormes coûts financiers ainsi que de tragiques coûts humains. Si les États-Unis et le Canada n'investissent pas dans leurs infrastructures hydrauliques vieillissantes, les risques de nouvelles éclosions de maladies hydriques augmenteront. Les coûts des investissements nécessaires à l'amélioration des installations de traitement des eaux des deux pays sont élevés, mais les coûts potentiels de ne pas faire ces investissements le sont encore plus.

Conclusions

Les systèmes de collecte des eaux usées ainsi que les systèmes de traitement et de distribution de l'eau de la région des Grands Lacs sont inadéquats ou sont en détérioration.

Tous les responsables de la gestion des bassins hydrographiques et des ressources hydriques devront mettre en œuvre des mesures coordonnées afin de contrer les pressions croissantes de l'agriculture, du développement, des industries, de la croissance de la population et de l'expansion urbaine en vue de protéger efficacement l'écosystème et la santé publique.

Il faut des outils et des méthodes améliorés, plus efficaces et mieux adaptés pour surveiller les risques microbiens et établir des modèles en ce qui concerne les eaux de surface et les eaux souterraines. Il est absolument essentiel d'avoir des méthodes de réduction et de gestion des risques appliquées à l'ensemble d'un bassin hydrographique et protégeant la sécurité de l'approvisionnement en eau. Il faut aussi mettre en place des mesures de détection, de traitement et d'intervention pour de multiples contaminants, notamment les contaminants microbiens et leurs toxines, les polluants habituels et les nouveaux composés préoccupants (notamment les produits pharmaceutiques, les antibiotiques et les produits de soins personnels).

Il est recommandé que :

tous les paliers de gouvernement élaborent et mettent en œuvre des mesures de planification coordonnées en vue de protéger efficacement l'eau potable des pressions croissantes des industries, de l'urbanisation, des infrastructures vieillissantes et de l'agriculture, et notamment de protéger la santé des humains et l'équilibre des écosystèmes contre les grandes exploitations d'élevage.

INTÉGRITÉ CHIMIQUE : L'EXEMPLE DU MERCURE

Introduction

L'intégrité chimique des Grands Lacs est dynamique. Les eaux des Grands Lacs changent continuellement par l'ajout, l'interaction et la perte de substances tant naturelles qu'artificielles. Les processus géophysiques naturels modifient la répartition de ces substances dans l'espace et dans le temps dans le système des Grands Lacs. Si nous possédons de nombreuses données à ce sujet, il reste tout de même beaucoup d'incertitude quant à l'intégrité chimique des Grands Lacs et aux répercussions de différents produits chimiques et combinaisons de produits chimiques sur la population humaine du bassin et sur les autres habitants.

Le mercure, un métal toxique rémanent et bioaccumulatif, fournit un excellent exemple des enjeux soulevés par la compréhension des répercussions de l'intégrité chimique des Grands Lacs. Le mercure est commun à l'état naturel dans sa forme concentrée, le cinabre, un minerai, ainsi qu'en petite quantité dans les combustibles fossiles comme le charbon. Les êtres humains utilisent le mercure depuis plus de 3000 ans dans les domaines médical et industriel.[1] En 1985, le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs de la Commission a identifié le mercure comme l'une des douze substances toxiques les plus dangereuses visées par l'élimination virtuelle prévue par l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Les gouvernements ont ajouté cette liste à l'Accord de 1987 à l'Annexe 12 - Substances toxiques rémanentes. Conformément à cette annexe, les États-Unis et le Canada ont élaboré une stratégie binationale visant l'élimination de douze substances toxiques[2], dont le mercure, stratégie qui assure un cadre à la réalisation de mesures précises au cours de la période de 1997-2006.[3]

Sources et formes du mercure

Le mercure atteint les eaux des Grands Lacs de manière directe, par les rejets dans l'eau, et de manière indirecte, par la perturbation des dépôts de mercure et par le dépôt atmosphérique. Le présent rapport porte particulièrement sur les apports des sources atmosphériques vers les Grands Lacs.

Le mercure peut être rejeté dans l'air par les activités humaines comme le traitement métallurgique, l'incinération municipale et médicale des déchets et la production électrique alimentée par la combustion du charbon. Cette substance est aussi rejetée dans l'atmosphère par différents phénomènes naturels, notamment les éruptions volcaniques, les feux de forêts et la météorisation des formations géologiques.[4]

Le mercure existe principalement sous trois formes, ou espèces chimiques : le mercure élémentaire, le mercure gazeux réactif et le mercure particulaire. Les différentes formes de mercure ont une solubilité, une réactivité et une toxicité différentes, elles réagissent différemment dans l'atmosphère et dans l'environnement et elles ont des répercussions différentes sur l'écosystème et sur la santé des humains.[5]

Le *mercure élémentaire* peut rester dans l'atmosphère sous forme de vapeur pendant plus d'un an et peut voyager à la grandeur de la planète avec les vents dominants. C'est sous cette forme qu'arrive la plus grande partie du mercure qui atteint les Grands Lacs en provenance de sources éloignées.[6] Le mercure élémentaire est peu soluble dans l'eau, il est donc en bonne partie inaccessible aux poissons et aux autres êtres vivants. Il peut être transformé en d'autres formes de mercure, notamment sa forme réactive, mais cette réaction est très lente.

Le *mercure gazeux réactif* (ou la forme ionique du mercure) est beaucoup plus soluble dans l'eau et beaucoup plus réactive que le mercure élémentaire. Il reste dans l'atmosphère de un à dix jours et tend donc à se déposer localement et régionalement, à une distance de quelques kilomètres à quelques centaines de kilomètres de sa source. Son faible rayon de déplacement, sa solubilité et sa grande réactivité contribuent à sa présence dans le biote régional.[7]

Le *mercure particulaire* est une forme de mercure liée aux particules aéroportées. Cette forme de mercure peut rester dans l'atmosphère de un à dix jours, ce qui est comparable à sa forme gazeuse réactive, et se dépose donc régionalement et localement. Il est toutefois moins accessible aux organismes vivants que la forme réactive gazeuse.[8]

Mercure et santé humaine

Une fois déposé ou rejeté dans les plans d'eau, le mercure peut être transformé par des bactéries en composés organo-mercuriels, comme le méthylmercure, qui peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Les humains sont principalement exposés au méthylmercure par la consommation de poisson.

Les composés de méthylmercure peuvent traverser les membranes biologiques, ils sont solubles dans les lipides et les tissus adipeux et ils peuvent se fixer à différents

récepteurs cellulaires et à différents enzymes. Il n'a pas été prouvé que le méthylmercure est cancérogène, et on n'a pu établir de manière concluante qu'il s'agit d'un agent tératogène (produit chimique pouvant entraîner des anomalies congénitales). Comme le facteur du cancer ne vient pas compliquer le problème, les scientifiques ont pu mener des analyses relativement simples sur les risques liés à l'exposition des êtres humains aux composés du mercure. Lorsque l'accumulation de ces composés atteint un niveau suffisant, un effet toxique apparaît. Les effets toxiques graves comprennent la neurotoxicité (lésions des tissus nerveux et cérébraux) et la néphrotoxicité (lésions rénales). Ces effets toxiques peuvent toucher divers organismes, des oiseaux aux mammifères, y compris l'humain.

À de très hauts niveaux de contamination au méthylmercure, comme ceux observés dans la baie de Minimata au Japon dans les années 50, des effets graves sur la santé apparaissent.[9] Des scientifiques ont récemment étudié les effets de faibles doses toxiques à long terme de méthylmercure, en particulier pour les populations les plus à risque comme les enfants, les fœtus et les femmes en âge de procréer. Les fœtus en développement pourraient être particulièrement à risque en raison de la capacité du méthylmercure de passer au travers du placenta.

Plusieurs études de cohortes ont été menées sur des enfants exposés au méthylmercure avant et après leur naissance dans les Seychelles et les îles Féroé. On n'a observé aucune déficience du développement neurologique chez les enfants des Seychelles, mais des effets neuropsychologiques ont été observés chez les enfants des îles Féroé. Les différences significatives entre les deux populations, notamment l'alimentation (le poisson marin dans les Seychelles, et la chair de globicéphale montrant des taux plus élevés de méthylmercure dans les îles Féroé)[10], pourraient expliquer la différence entre les résultats. Les études soulèvent aussi des questions quant à un facteur qui complique le problème : l'interaction du sélénium avec le mercure et ses effets sur la santé.[11] Le sélénium, que l'on retrouve dans certains poissons marins, agit comme substitut au soufre, qui forme des liaisons plus faibles avec le mercure, et permet au corps de se débarrasser plus facilement du mercure et d'en faciliter l'excrétion en plus grande quantité, réduisant ainsi la période d'exposition et la dose.[12] Aucune étude comparable à ces efforts internationaux n'a été entreprise pour la région des Grands Lacs. Cependant, des travaux récents effectués dans la région d'Oswego dans l'État de New York et visant à étudier les effets des BPC sur le développement des enfants dont la mère a consommé de grandes quantités de poisson pendant la grossesse ont aussi soulevé des questions quant aux effets du mercure.[13]

Les résultats d'études examinés par la National Academy of Sciences des États-Unis associent l'exposition prénatale à long terme à de faibles doses toxiques de méthylmercure aux faibles résultats d'enfants à des tests de comportement neurologique mesurant l'attention, l'aptitude linguistique, la motricité fine et l'intelligence.[14] Il faudra mener des études supplémentaires afin de mieux comprendre

les liens entre l'exposition au méthylmercure et les maladies coronariennes. La majorité des études épidémiologiques effectuées étaient rétrospectives, c'est-à-dire que leurs conclusions étaient tirées à partir de faits passés. Il faut procéder à des études prospectives fondées sur des hypothèses et sur l'observation des liens réels et actuels.

Plusieurs organismes ont défini une « dose de référence » pour le méthylmercure. Il s'agit d'une estimation de l'exposition quotidienne à laquelle peut être soumise une population humaine pendant toute sa vie sans qu'elle n'entraîne de risques graves d'effets nocifs sur la santé. Différentes agences et organismes ont établi des doses de référence différentes, dont certaines sont présentées au tableau 3. Certains États des Grands Lacs ont aussi défini des seuils différents pour le grand public et pour les groupes à risque.[15]

Tableau 3 « Dose de référence » pour le méthylmercure des différentes agences et organismes

Organisme	Dose de référence (microgrammes/ kilogramme jour)	Coefficient d'incertitude[16]
Environmental Protection Agency des États-Unis	0.1	10
Santé Canada	0.2	5
Agency for Toxic Substances and Disease Registry des États-Unis	0.3	4.5
Organisation mondiale de la santé	0.47	10
Food and Drug Administration des États-Unis	0.5	10

Mercure et consommation de poisson

La consommation de poisson offre divers avantages nutritionnels, notamment l'apport en protéines et en acides gras polyinsaturés oméga-3. Il faut toutefois éviter de consommer trop de poisson contenant des teneurs trop élevées de méthylmercure ou d'autres substances toxiques rémanentes. La source d'exposition primaire de l'humain au méthylmercure est la consommation de poisson.

En mars 2004 aux États-Unis, l'Environmental Protection Agency et la Food and Drug Administration ont émis conjointement un avis aux consommateurs au sujet de la présence de méthylmercure dans le poisson et les mollusques et de la réduction de l'exposition au mercure pour les femmes qui pourraient devenir enceintes, les femmes enceintes, les femmes qui allaitent et les jeunes enfants. Cet avis uniformisait et remplaçait les avis produits en 2001 par ces organismes. On y recommandait d'éviter les poissons présentant des teneurs relativement élevées en mercure (le requin, l'espadon, le thazard, le tile), de consommer jusqu'à 12 onces (340 grammes) par semaine de divers poissons et mollusques dont les teneurs en mercure sont plus faibles (notamment la crevette, le thon pâle en conserve, le saumon, la goberge, le poisson-chat) et de consulter les avis locaux sur l'innocuité du poisson pêché par la famille et les amis dans les lacs, les rivières et les secteurs côtiers locaux [et de consommer un maximum de 6 onces (170 grammes) par semaine de poisson pêché dans les eaux locales, si aucun autre poisson n'a été consommé, dans les cas où aucun avis n'est diffusé].[17]

Le dernier aspect, et peut-être le plus complexe, de l'avis conjoint de l'EPA et de la FDA a une incidence particulière dans la région des Grands Lacs. Les avis locaux continuent de limiter ou d'interdire la consommation de certains poissons pêchés dans les Grands Lacs en raison de la contamination au méthylmercure. En fait, en raison de la contamination locale des sédiments, on s'attend à ce que les avis sur la consommation de poisson contaminé au méthylmercure soient maintenus pendant encore des décennies dans certains secteurs préoccupants des Grands Lacs. À titre d'exemple, le *Guide de consommation du poisson gibier de l'Ontario* fournit des directives détaillées sur le choix des poissons à consommer parmi les poissons pêchés dans les rivières et les lacs de l'Ontario, y compris les Grands Lacs.[2] On y recommande notamment de ne pas consommer les organes, le gras ou la peau des poissons, de consommer des poissons plus petits des Grands Lacs comme l'achigan, le brochet, le doré jaune, la perchaude et le crapet plutôt que les espèces plus grasses comme le saumon et la truite, et de laisser égoutter le gras pendant la cuisson du poisson.[18]

La Commission a précédemment recommandé, dans son rapport biennal de 2000, que les gouvernements améliorent les avis sur la consommation de poisson pour la région des Grands Lacs, et le Groupe de travail des professionnels de la santé de la Commission a récemment produit un rapport détaillé sur la question.[19] Les membres

du Groupe de travail favorisent une démarche plus efficace d'élaboration des avis sur la consommation de poisson afin de mieux protéger les personnes à risque, sans décourager la consommation de poisson chez une grande partie de la population. Pour élaborer cette démarche, il est urgent de procéder à une surveillance environnementale et à des évaluations de l'exposition afin de définir les tendances en matière de polluants organiques persistants. Il faut mettre en œuvre les efforts nécessaires pour réduire la teneur en contaminants de tous les poissons des Grands Lacs.

Les préoccupations de la Commission restent pertinentes aujourd'hui. Les avis sont souvent techniques, ils fournissent parfois des conseils contradictoires et ils ne parviennent habituellement pas à rejoindre la population à risque, notamment les enfants et les femmes en âge de procréer.[20] Par exemple, selon les résultats d'une étude de la firme Kearney and Cole,[21] seulement 85 % des détenteurs de permis de pêche à la ligne de l'Ontario connaissaient l'existence du *Guide de consommation du poisson gibier de l'Ontario*, seulement 29 % en détenaient un exemplaire et en respectaient les conseils au moins parfois et 27 % en détenaient un exemplaire, mais n'en respectaient jamais les conseils. Seulement 50 % des consommateurs de poisson de pêche sportive déclaraient connaître l'existence d'avis sur la santé.[22]

Complications associées aux mélanges de produits chimiques

Les avis sur le poisson portent souvent sur la présence de mercure et de BPC dans les mêmes espèces provenant des mêmes plans d'eau. Les BPC ont un effet sur la thyroïde, qui contrôle le développement du cerveau.[23] Le mercure se lie aux tissus cérébraux et peut entraîner d'autres problèmes. Les BPC et le mercure peuvent passer par le placenta.[24] Ainsi, leur combinaison peut représenter un plus grand risque pour le fœtus en développement que l'un ou l'autre individuellement. Des études épidémiologiques examinent actuellement ce lien, et des études supplémentaires sont à venir. Le gouvernement de l'Ontario a créé des programmes de diffusion destinés à des enfants d'âge scolaire de collectivités non anglophones (dans deux domaines d'intérêt); voilà un exemple d'outil de communication qui pourrait améliorer ces statistiques.

Réduction des émissions de mercure

L'Environmental Protection Agency signale des estimations approximatives qui montrent que 20 % des émissions de mercure proviennent de sources naturelles, 40 % proviennent du recyclage à l'échelle mondiale des émissions produites par les activités anthropiques passées et 40 % proviennent des activités anthropiques[25] actuelles[26]. Comme le montre le Tableau 4, l'Amérique du Nord a produit environ 11 % des émissions totales de mercure provenant des activités anthropiques en 1995.

En raison de l'industrialisation tardive des pays en développement, les émissions de mercure sont en hausse dans ces pays. Selon les conclusions préliminaires de

Tableau 4. Émissions totales en tonnes métriques (tonnes américaines) de mercure provenant des principales activités anthropiques en 1995 (Pacyna & Pacyna)[47]

Continent	Combustion fixe	Production de métaux non ferreux	Production de fonte brute et d'acier	Production de ciment	Élimination des déchets	Total	%
Europe	185,5 (204)	15,4 (17)	10,2 (11)	26,2 (29)	12,4 (14)	249,7 (275)	13,1
Afrique	197 (217)	7,9 (9)	0,5 (0,6)	5,2 (6)		210,6 (232)	11
Asie	860,4 (948)	87,4 (96)	12,1 (13)	81,8 (90)	32,6 (36)	1074,3 (1184)	56,1
Amerique de Nord	104,8 (116)	25,1 (28)	4,6 (5)	12,9 (13)	66,1 (73)	213,5 (235)	11,2
Amerique de Sud	26,9 (30)	25,4 (28)	1,4 (2)	5,5 (6)		59,2 (65)	3,1
Australie et Océanie	99,9 (110)	4,4 (5)	0,3 (0,3)	0,8 (0,9)	0,1 (0,1)	105,5 (116)	5,5
Total pour 1995	1474,5 (1625)	165,6 (183)	29,1 (32)	132,4 (146)	111,2 (123)	1912,8 (2108)	
Total pour 1990§	1295,1 (1428)	394,4 (435)	28,4 (31)	114,5 (126)	139 (153)	2143,1‡ (2362)	

§ Estimation des valeurs maximales, considérées comme près de la meilleure estimation.

‡ Les estimations des émissions totales pour 1990 comprennent aussi 171,1 tonnes métriques (189 tonnes américaines) d'émissions de mercure provenant de la production de chloralcali et d'autres sources moins importantes.

l'Environmental Protection Agency et d'Environnement Canada, les hausses des émissions anthropiques de mercure mondiales atteignant l'Amérique du Nord, et provenant en grande partie de l'Asie, annulent les réductions des émissions anthropiques de mercure réalisées au Canada et aux États-Unis. Les conclusions sur le transport et le dépôt du mercure dans chacun des Grands Lacs par voie atmosphérique, présentées à la Commission dans le rapport sur les priorités 2001-2003 du Conseil international consultatif de la qualité de l'air, approfondissent ces questions.[28] Dans le cas du lac Supérieur, le plus éloigné des sources industrielles régionales, la majorité des sources localisées de dépôt de mercure sont situées à plus de 700 kilomètres. Si une grande partie des émissions totales sont sous forme non réactive, le volume et la proportion croissante de ces quantités totales de mercure méritent à eux seuls une attention particulière.

Les émissions de mercure provenant de l'activité humaine, tant aux États-Unis qu'au Canada, ont décru de manière importante entre 1990 et 1999. Aux États-Unis, les importantes réductions proviennent principalement du contrôle des émissions des incinérateurs municipaux et médicaux ainsi que de l'amélioration du tri et du retrait des produits commerciaux comme les piles et la peinture du flux des déchets. Au Canada, les réductions importantes ont surtout été réalisées grâce au contrôle et à la modification des procédés dans l'industrie de la fonte des métaux, à la fermeture presque complète de l'industrie du chloralcali et à un contrôle et à des restrictions supplémentaires dans le domaine de l'incinération des déchets. En 1999, les émissions de mercure totalisaient environ 124,3 tonnes métriques (137 tonnes américaines) aux États-Unis et 11 tonnes métriques au Canada. Les centrales alimentées au charbon sont respectivement responsables d'environ 35 % et 27 % des émissions de mercure encore produites aux États-Unis et au Canada (voir Figure 4 et Figure 5).[29]

Les gouvernements des deux pays étudient des façons de réduire les émissions de mercure provenant des centrales électriques alimentées au charbon. Il est techniquement très complexe de retirer le mercure du charbon.

Le 17 décembre 2003, l'Environmental Protection Agency a proposé des réductions importantes des émissions de dioxyde de soufre (SO_2) et des oxydes d'azote (NO_x) provenant des centrales électriques. Si cette proposition cible ces principaux composants des pluies acides, on s'attend à ce que les mesures entreprises pour atteindre ces normes entraîneront des conséquences indirectes avantageuses sur la réduction des émissions de mercure et de particules fines. Cet organisme a aussi proposé des mesures de rechange pour réduire les émissions de mercure provenant des centrales. Ces mesures comprennent la création d'un programme de plafonnement et d'échange axé sur les conditions du marché et visant à réduire les émissions de mercure dans le cadre d'une formule en deux phases ainsi que l'imposition aux centrales de mesures de contrôle connues sous l'appellation « technologie de contrôle du maximum atteignable » (TCMA) (Maximum Achievable Control Technologies, MACT).

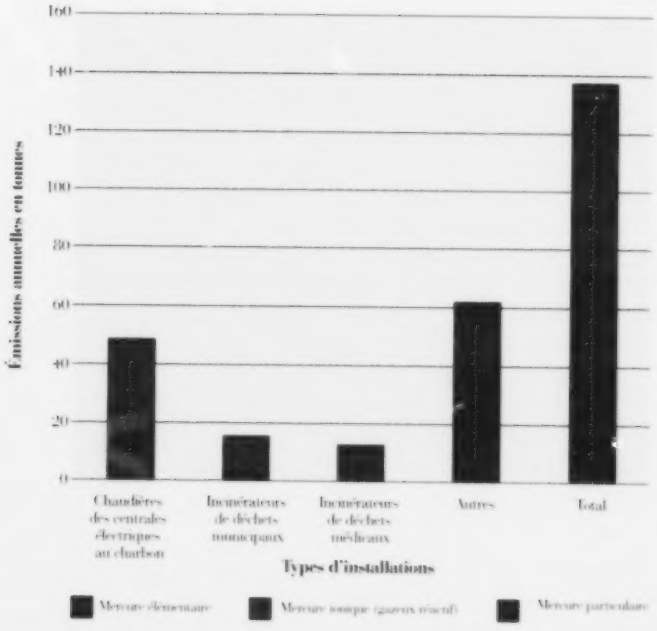


Figure 4 Profil des émissions de mercure pour 1999

(Source : Anne Pope, USEPA, 1999, U.S. Natural Emissions Inventory Draft)

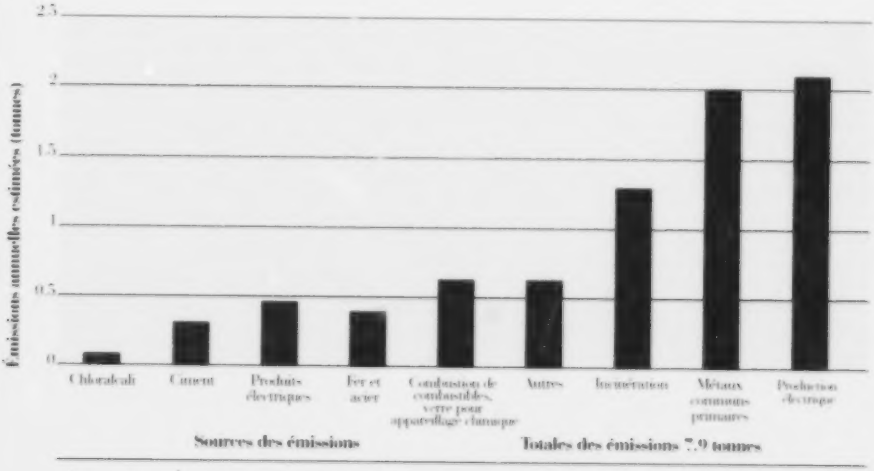


Figure 5 Émissions primaires de mercure au Canada en 2000

(Marc Deslauziers, Direction des données sur la pollution, Environnement Canada)

Au Canada, le Conseil canadien des ministres de l'environnement s'est engagé à élaborer un standard pancanadien visant à réduire d'ici 2010 les émissions de mercure provenant des centrales électriques alimentées au charbon (avec une application spécifique aux provinces des standards ou des objectifs nationaux), à envisager le captage, à l'échelle nationale, du mercure provenant de la combustion du charbon selon une fourchette de 60 % à 90 % (y compris les efforts visant à réduire les émissions de mercure par la prévention et le contrôle de la pollution) ainsi qu'à uniformiser le standard canadien aux normes américaines en matière de mercure. Ce standard s'appliquera aux nouvelles centrales et aux centrales existantes.[30] De plus, les normes canadiennes relatives aux lampes fluorescentes contenant du mercure et aux déchets d'amalgames dentaires permettront de respecter les engagements pris par les gouvernements fédéral et ontarien dans le cadre d'une entente visant à réduire de 90 % les émissions de mercure d'ici 2010. On demande aux administrations d'élaborer un plan de mise en œuvre décrivant les mesures qui seront prises en vue d'appliquer le standard pancanadien et d'atteindre la conformité à l'échéance prévue. Seul le Québec, qui n'a signé ni l'Accord pancanadien sur l'harmonisation environnementale, ni le standard pancanadien, n'est pas tenu de produire un plan de mise en œuvre,[31] mais ses principales sources de mercure sont quand même répertoriées dans l'Inventaire national des rejets polluants.

En ce qui concerne le bassin inférieur des Grands Lacs, les données fournies dans le rapport sur les priorités 2001-2003 du Conseil international consultatif de la qualité de l'air de la CMI montrent qu'il existe d'importantes sources d'émissions de mercure régionales et locales. Le rapport du Conseil signale que 40 % des émissions de mercure provenant des centrales au charbon de la région sont sous la forme réactive la plus biodisponible. Les eaux des Grands Lacs continuent de recevoir du mercure provenant de sédiments contaminés antérieurement. De plus, les eaux souterraines contaminées et les rejets d'eaux usées contribuent à la charge locale de mercure, particulièrement dans les secteurs préoccupants. Comme les gouvernements des États-Unis et du Canada peuvent contrôler plus efficacement les sources d'émissions au sein de leur propre territoire que l'ensemble des émissions, et comme le mercure gazeux réactif est la forme la plus biodisponible, les gouvernements devraient prendre les mesures nécessaires pour réduire considérablement le dépôt de mercure gazeux réactif dans la région des Grands Lacs.

Les effets combinés de la contamination au mercure au Canada sont difficiles à quantifier,[32] et il est actuellement impossible de chiffrer la part exacte de ces effets pouvant être attribuée au mercure présent naturellement et aux émissions de sources anthropiques passées et présentes[33]. L'Environmental Protection Agency a signalé un lien possible entre le mercure provenant des sources de combustion industrielles et le méthylmercure présent dans le poisson. L'organisme précise toutefois qu'il est impossible de déterminer quelle proportion du méthylmercure présent dans le poisson consommé par la population américaine provient des émissions des États-Unis par rapport aux

autres sources de mercure (comme les sources naturelles et les émissions recyclées de l'ensemble des accumulations).[34] Dans le cadre d'une étude récente effectuée dans les Everglades de Floride, on a estimé la vitesse à laquelle on constate une variation des teneurs en mercure dans les tissus des poissons à la suite de la réduction des émissions régionales. Les réductions des émissions totales de mercure d'environ 90 % depuis la fin des années 80 ont été accompagnées d'une réduction des teneurs moyennes dans les tissus des poissons d'environ 80 %.[35] Des données supplémentaires, obtenues idéalement grâce à des études axées sur les Grands Lacs, devraient contribuer à examiner les liens possibles entre les émissions et le dépôt de mercure et l'apport biologique et les effets.

Conclusions

Le mercure fournit une étude de cas dans le domaine de l'intégrité chimique. On connaît bien les effets toxiques des fortes doses de mercure, et on commence à rassembler un ensemble de connaissances quant à ses effets à faible dose. À des niveaux d'accumulation assez élevés de composés de méthylmercure, des effets toxiques apparaissent, notamment la neurotoxicité (lésions des tissus nerveux et cérébraux) et la néphrotoxicité (lésions rénales).

La Commission reconnaît que les deux gouvernements étudient actuellement des propositions quant à la réduction des émissions de mercure. Elle les encourage à adopter et à mettre en œuvre des initiatives qui réduiront davantage les rejets de mercure dans l'environnement, notamment les émissions atmosphériques.

Les effets des émissions de mercure survenues dans le passé, associées aux émissions actuelles, resteront un enjeu pour les décennies à venir. Il faut plus efficacement faire connaître les risques qui y sont associés. Même si les deux gouvernements ont préparé et diffusé des avis sur le poisson, il reste difficile de rejoindre les personnes les plus à risque et de modifier les comportements de manière à réduire les risques.

Il reste des lacunes importantes dans les connaissances en ce qui a trait au processus par lequel le mercure passe de sa source à un plan d'eau, puis aux poissons, aux animaux et aux humains, et en ce qui concerne les effets des faibles doses de mercure sur la santé humaine. Les scientifiques continuent d'étudier des liens possibles et d'approfondir les connaissances. En plus des études générales sur le sujet, il faut procéder à des études axées sur le dépôt de mercure et ses effets sur les Grands Lacs.

Recommandations

La Commission recommande que les deux gouvernements fédéraux, en collaboration avec les États, la province et les institutions, prennent les mesures suivantes.

- Entreprendre des études épidémiologiques rétrospectives et prospectives, dans les secteurs préoccupants et dans d'autres emplacements pertinents dans le bassin des Grands Lacs, en vue de mieux comprendre les effets potentiels sur le développement neurologique associés au méthylmercure et aux BPC.
- S'assurer que les avis sur le poisson sont clairs, simples et cohérents, et s'assurer qu'ils parviennent aux différents destinataires ciblés.
- Choisir et mettre en œuvre rapidement des programmes tant aux États-Unis qu'au Canada visant à réduire de manière significative le dépôt de la forme gazeuse réactive du mercure dans la région des Grands Lacs et mener des stratégies multilatérales en vue de mieux contrôler globalement ce produit toxique rémanent.

Chapitre Quatre

L'INTÉGRITÉ DE L'ÉCOSYSTÈME : LES CHANGEMENTS DE L'ÉCOSYSTÈME DU LAC ÉRIÉ

Introduction

Les problèmes environnementaux dans l'écosystème du lac Érié agissent comme signaux d'alarme pour les autres Grands Lacs. Étant le moins profond de ces lacs, le lac Érié est caractérisé par la période de rétention de l'eau la plus courte (moins de trois ans), mais aussi par le plus important bassin hydrographique, la plus grande population humaine, les plus vastes terres agricoles et le plus important nombre de grandes villes. Ces facteurs font que le lac Érié est le Grand Lac où les perturbations écologiques apparaissent souvent en premier. Si nous parvenons à acquérir une compréhension approfondie des symptômes de perturbations écologiques dans le lac Érié, nous pourrons peut-être éviter des problèmes semblables dans les autres Grands Lacs.

Des changements écologiques rapides ont en fait lieu dans l'écosystème du lac Érié, certains aussi inexplicables que déconcertants. Des preuves montrent maintenant que ces changements impliquent des interactions complexes et souvent mal comprises entre divers facteurs se rapportant à l'intégrité chimique, physique et biologique du lac. D'après ce que nous savons au sujet de l'ensemble des problèmes possibles et de leurs causes, il faudra de plus en plus reconnaître la nécessité d'envisager l'intégrité chimique, physique et biologique comme un ensemble global en vue d'atteindre l'intégrité écologique dans le lac Érié ou dans les autres Grands Lacs.

Succès antérieurs

Les programmes mis en œuvre par les deux pays en réponse à l'Annexe 3 – Déphosphatation, de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, ont entraîné une réduction marquée des quantités de phosphore déversées dans le lac Érié au cours de la fin des années 70 et des années 80. Ces programmes, en particulier ceux visant l'amélioration des stations de traitement des eaux usées et la reformulation des détergents à lessive, ont entraîné un renversement de l'eutrophisation[1] du lac ainsi qu'une amélioration marquée de la qualité de l'eau.[2] Les gouvernements des États-Unis et du Canada ont réussi à réduire davantage les quantités de phosphore au cours des années

subséquentes grâce à diverses mesures de contrôle, comme le Groupe de consultation sur la pollution due à l'utilisation des terres de la Commission l'avait recommandé en 1978. Ces mesures étaient axées sur les sources de pollution directes, ou dites « ponctuelles », comme les conduites d'évacuation des usines et des stations de traitement des eaux usées, ainsi que sur les sources dites « diffuses », comme les eaux pluviales d'orage provenant des terres agricoles ou des terrains de stationnement. Le contrôle de l'eutrophisation du lac Érié est reconnu mondialement comme un modèle de succès de coopération transfrontalière ayant associé des conclusions scientifiques à la surveillance, à la gestion des ressources ainsi qu'à l'élaboration et à la mise en œuvre de politiques.

Tendances récentes et causes possibles

On comprend mal les tendances en ce qui concerne la qualité de l'eau et de l'écosystème du lac Érié depuis le début des années 90. Les recherches récentes offrent un portrait confus de tendances tant positives et que négatives touchant la qualité de l'eau et de l'écosystème (Tableau 5). Les importantes variations des observations scientifiques d'une année à l'autre empêchent d'identifier les relations de cause à effet qui pourraient guider la gestion des ressources et la prise de décision stratégique. À titre d'exemple :

- Les concentrations printanières en phosphore ont commencé à augmenter, et les concentrations estivales d'oxygène dissous sont en baisse dans le bassin central du lac, cela même si rien ne prouve que les apports externes de phosphore sont en hausse.[3] Les calculs récents semblent indiquer de faibles hausses du phosphore provenant de sources ponctuelles. Toutefois, comme on le signale dans le *Dixième Rapport biennal* de la Commission, il existe une certaine incertitude quant aux rejets de phosphore dans les affluents en raison des réductions imposées aux programmes de surveillance et des seuils de détection moins élevés du phosphore dans les rejets des stations de traitement des eaux usées.[4]
- La hausse du phosphore devrait stimuler la croissance du phytoplancton (minuscules organismes végétaux vivant en suspension dans l'eau), un élément clé de la chaîne alimentaire. Les concentrations restent toutefois généralement faibles dans les eaux du large.[5]
- Les espèces envahissantes continuent d'entrer dans le lac Érié et de s'y établir, phénomène qui occasionne des pertes économiques et perturbe l'écosystème. Les scientifiques croient que la moule zébrée et la moule quagga ainsi que le gobie à taches noires (Fig. 6) provoquent d'importants changements dans l'écosystème du lac Érié, peut-être notamment la hausse des concentrations printanières de phosphore dans les eaux lacustres. Les espèces étrangères pourraient en fait être en train de modifier le fonctionnement naturel de l'écosystème puisque les changements dans la chaîne alimentaire et la hausse des concentrations de

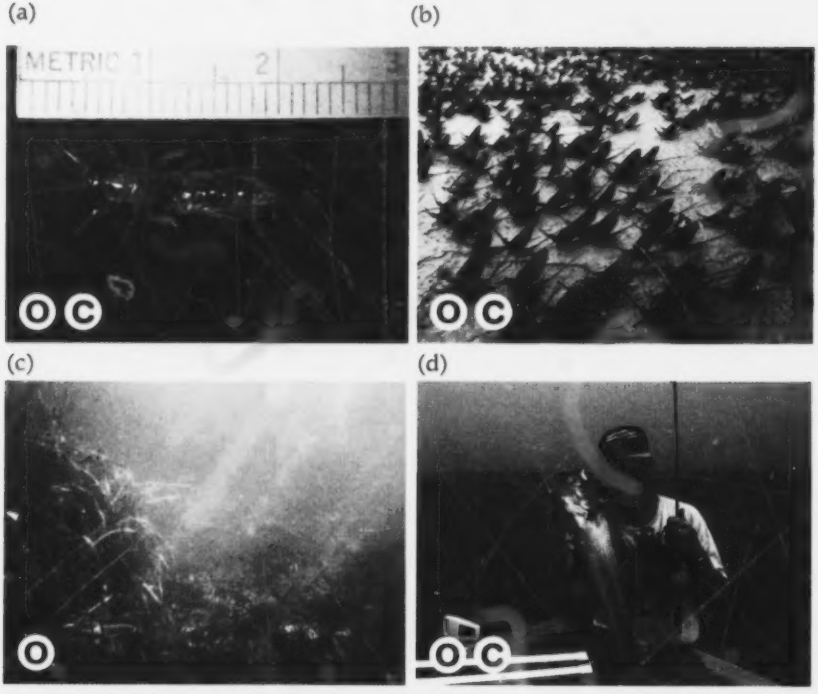
phosphore ont coïncidé avec l'apparition de la moule zébrée et de la moule quagga et l'explosion de leur population. On n'a pas déterminé s'il existe un lien entre ces événements ou s'il ne s'agit que de simples coïncidences.

- La population de dorés jaunes s'est rétablie de façon spectaculaire au cours des années 80 pour devenir l'espèce de poisson de pêche sportive la plus importante sur le plan financier en Amérique du Nord (Fig. 7). Toutefois, la population de dorés jaunes et d'autres populations de poissons (dont l'éperlan) ont chuté depuis les dernières années. Cette situation fait craindre aux pêcheurs sportifs et aux responsables du milieu de la gestion des pêches que les changements des concentrations en phosphore et de la chaîne alimentaire soient en cause.[6] Là encore, l'origine de ces changements reste indéterminée.

Tableau 5 Sommaire des récentes tendances de la qualité de l'écosystème du lac Érié

Tendance positive
Amélioration de la clarté de l'eau
Rétablissement des populations de plantes aquatiques à racines
Rétablissement de la population d'éphémères communes
Rétablissement de la population de dorés jaunes
Rétablissement de la population de grands corégones dans le bassin central
Tendance négative
Baisse de la population de grands corégones dans le bassin de l'est
Augmentation de la concentration de phosphore dans la colonne d'eau
Baisse de la population de phytoplancton dans les eaux du large
Fleurs d'eau d'algues bleues
Accumulations de *Cladophora* sur les berges
Établissement d'espèces envahissantes
Diminution de la population de *Diporeia*
Mortalité massive de poissons et d'espèces sauvages causée par le botulisme

Figure 6 Changements positifs de la qualité de l'écosystème du lac Érié et une carte de lac Érié



a) Forme aquatique et b) forme adulte de l'éphémère commune, *Hexagenia*; c) Amélioration de la diversité de l'habitat grâce aux plantes aquatiques à racines; d) Doré jaune

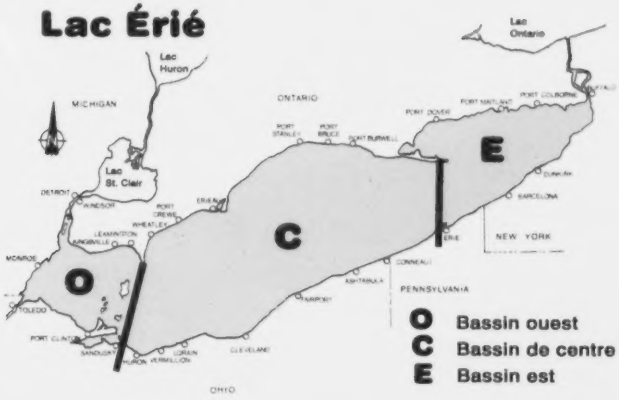
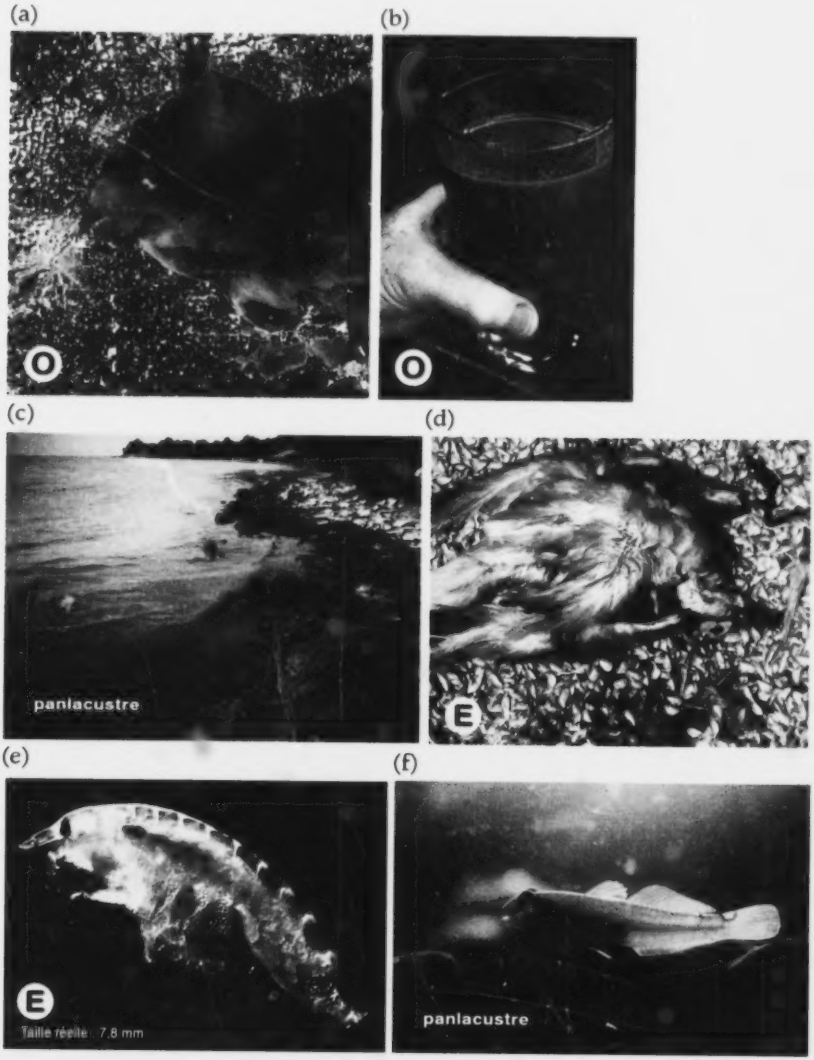
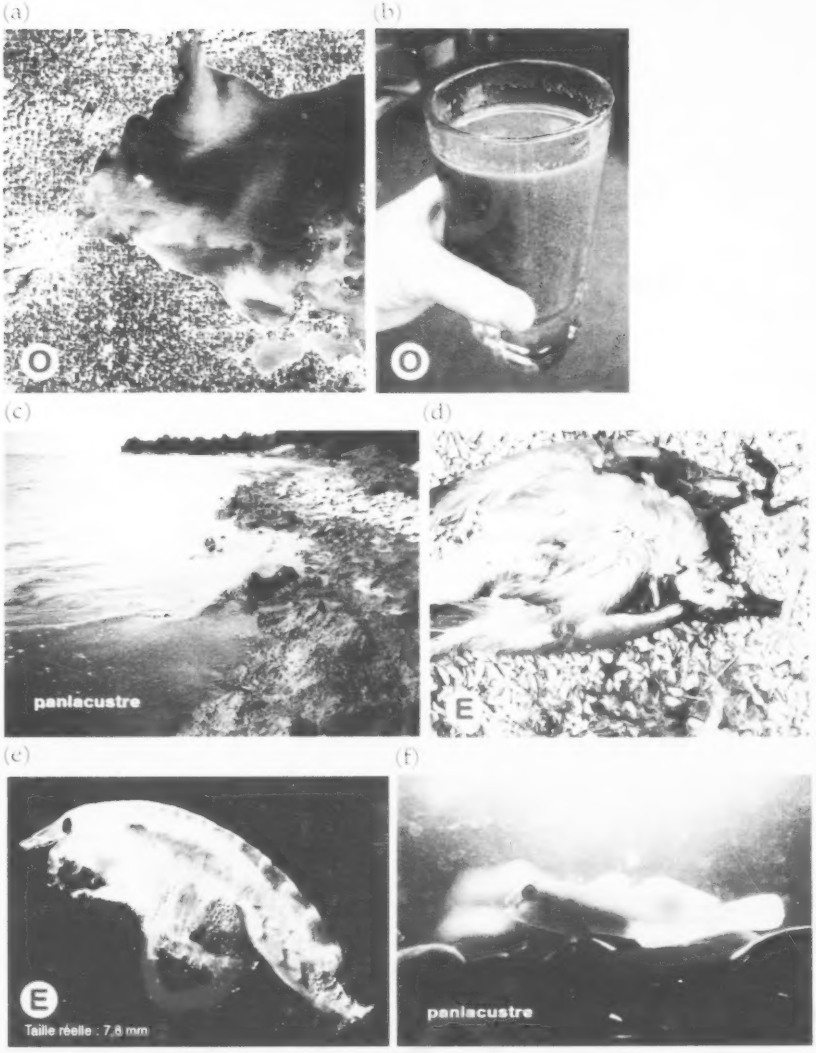


Figure 7 Changements negatifs de la qualité de l'écosystème du lac Érié



a) et b) Fleurs d'eau formées d'algues bleues; c) Plages souillées par la macroalgue *Cladophora*; d) Poissons et oiseaux piscivores morts par empoisonnement au botulisme; e) Chute de la population d'un invertébré indigène, le *Diporeia*; f) Une autre espèce envahissante, le gobie à taches noires

Figure 7 — Changements négatifs de la qualité de l'écosystème du lac Erie



a) et b) Fleurs d'eau formées d'algues bleues; c) Plages souillées par la macroalgue *Cladophora*; d) Poissons et oiseaux piscivores morts par empoisonnement au botulisme; e) Chute de la population d'un invertébré indigène, le *Diporeia*; f) Une autre espèce envahissante, le gobie à taches noires.

- Dans certaines eaux près des côtes, particulièrement autour des îles de l'ouest du lac Érié, l'amélioration de la clarté de l'eau a entraîné une augmentation marquée des plantes aquatiques à racines.[7] Ce phénomène a amélioré la diversité de l'habitat pour certains poissons, notamment l'achigan à petite bouche (Fig. 6).[8] Simultanément, les fleurs d'eau composées d'algues bleues (cyanobactéries) apparaissent périodiquement dans les eaux libres de l'ouest du lac Érié, formant une épaisse écume verte sur les eaux de surface. Plus près des côtes, des tapis de *Cladophora*, une macroalgue, poussent à une vitesse excessive sur les rochers et d'autres surfaces dures et sont emportés par le vent et les vagues pour aller mourir et pourrir sur les plages. (Fig. 7)[9] Ces conditions étaient présentes à l'époque où l'eutrophisation était à son pire vers la fin des années 60 et au début des années 70, mais les concentrations de phosphore dans l'ouest du lac Érié ne laissent pas croire qu'une eutrophisation a actuellement lieu.[10]
- L'*Hexagenia*, une éphémère commune de grande taille, agit comme indicateurs importants de la qualité des eaux hautes et des sédiments. Cet insecte, autrefois abondant, passe sa phase immature (nymphe) dans le lac et émerge seulement brièvement une fois adulte pour servir de source de nourriture à de nombreux poissons. Cette espèce a disparu du lac Érié au cours des années 50, possiblement en raison de l'appauvrissement en oxygène, mais sa population s'est rétablie de façon spectaculaire dans le bassin ouest et près des côtes des bassins du centre et de l'est de ce lac depuis le début des années 90. Sa réapparition, après 40 ans, et parfois en masse d'adultes, peut être interprétée comme un indicateur du rétablissement de l'écosystème du lac Érié. (Fig. 6)[11]
- L'organisme de fond prédominant des eaux plus profondes et froides du bassin de l'est du lac Érié est l'amphipode des eaux profondes, *Diporeia*, un petit organisme ressemblant à une crevette. En plus d'être une source de nourriture extrêmement importante pour les poissons, celui-ci s'avère également un indicateur de la bonne qualité de l'eau. Les populations de *Diporeia* ont dramatiquement chuté au cours de la fin des années 90 (Fig. 7), et cette espèce est maintenant pratiquement absente.[12] La population de grands corégones, autrefois le principal poisson pêché dans le lac Érié au cours du XIX^{e} et du XX^{e} siècles, mais qui, au cours des décennies subséquentes, n'a constitué qu'une faible proportion de la population de poissons, s'est rétablie dans le bassin de l'est au cours des années 90. L'une de ses principales sources d'alimentation est le *Diporeia*, mais à mesure que la population de cette espèce-proie décroissait, le court rétablissement de la population de grands corégones prenait fin dans le bassin de l'est. Toutefois, la population de grands corégones est encore à la hausse dans le bassin central ainsi que dans le bassin ouest pendant les mois plus froids de l'année.[13]
- Des épisodes de mortalité rapide de poissons de fond et d'oiseaux piscivores provoqués par le botulisme sont signalés, principalement dans le bassin de l'est du lac Érié, ainsi que des épisodes plus faibles dans les bassins de l'ouest et du centre et dans les lacs Huron et Ontario. Pendant ces épisodes et au cours de la période

qui s'ensuivit, des poissons en putréfaction et des carcasses d'oiseaux jonchaient les plages et les berges (Fig. 7). Les toxines de la bactérie *Clostridium botulinum*, plus particulièrement le botulisme de type E, trouvées dans des oiseaux piscivores des Grands Lacs, ont provoqué ces épisodes de mortalité massive. Le botulisme de type E est l'un des sept types de botulisme identifiés par les lettres de A à F qui se caractérisent par les neurotoxines qu'ils produisent. La dernière éclosion importante de botulisme de type E s'est produite dans le lac Michigan au cours des années 60. La neurotoxine est produite lorsqu'il y a absence d'oxygène combinée à une température et à des éléments nutritifs appropriés. On ne comprend pas quels sont les facteurs qui déclenchent la production de la neurotoxine chez la bactérie et qui entraînent la mortalité massive des poissons et des espèces sauvages. Les éclosions de botulisme de type E se sont produites en même temps que la hausse de la population de gobies à taches noires, une autre espèce envahissante. Les chercheurs tentent de trouver des indices de l'élément déclencheur de l'éclosion du botulisme dans le lac Érié ainsi que la source de la toxine et l'origine du transfert entre les poissons et d'autres organismes aquatiques, à la sauvagine et aux asticots dans les carcasses.[14]

- Deux autres facteurs pourraient influer les modifications de l'écosystème du lac Érié ou y contribuer, et peut-être de la même manière ou de manière différente dans les autres Grands Lacs. Tant les brèves tempêtes que les changements climatiques à long terme pourraient influer sur la dynamique de l'écosystème. Comme il en a déjà été question dans les chapitres précédents, les changements dans l'utilisation des terres, c'est-à-dire l'imperméabilisation du rivage entraînée par la construction de bâtiments, de routes et de terrain de stationnement et le recul des terres humides peuvent aussi causer ces changements.

Comprendre la complexité du lac Érié

La nature complexe des phénomènes interreliés et interdépendants affectant aujourd'hui le lac Érié nécessite une plus grande communication et une plus grande coopération binationales que jamais.

Il reste malgré tout d'importantes lacunes en matière d'information, ce qui complique la tâche des responsables des politiques qui doivent déterminer les mesures qui pourraient être prises et qui devraient être mises en œuvre à prendre et pourraient et devraient être entreprises afin d'améliorer l'intégrité écologique du lac. Comme l'écosystème poursuit une évolution dynamique, les scientifiques doivent procéder à des études biologiques plus complètes, portant notamment sur les effets des espèces exotiques envahissantes, les changements climatiques et d'autres facteurs ainsi qu'améliorer les mesures de la charge en phosphore. Ces études visent à déterminer si les changements environnementaux observés résultent de l'augmentation des charges en

phosphore provenant de l'extérieur du lac ou de modifications du cycle du phosphore du lac, dont la moule zébrée, la moule quagga, les changements environnementaux ou d'autres facteurs pourraient être responsables.

Ainsi, les gouvernements devraient prendre les mesures suivantes.

- Améliorer la surveillance des concentrations de phosphore des sources ponctuelles et diffuses afin d'établir les contributions relatives des charges provenant de l'extérieur en comparaison avec les cycles intérieurs.
- Améliorer la recherche sur les liens de cause à effet entre les changements observés dans l'écosystème et les différents agents stressants. La recherche dans ce domaine complexe nécessite un esprit de collaboration entre les intervenants intéressés à la qualité de l'eau et à la pêche, notamment les liens avec les questions touchant l'utilisation des terres du bassin hydrographique.
- Veiller à ce que la recherche et l'amélioration des observations soient encadrées par une modélisation écologique assurant l'élaboration et la mise en œuvre de programmes rentables et significatifs sur le plan écologique, et ce faisant maintenir une gestion des ressources et des politiques de grande valeur.

Conformément à la recommandation du Conseil des gestionnaires de la recherche sur les Grands Lacs de la Commission, de nouvelles études de recherche et de surveillance définies dans un cadre de modélisation sont nécessaires pour démystifier la complexité de ces questions.[15] Les Parties devraient aussi mettre en place un réseau d'observation et de prévision écologiques pour les Grands Lacs. Ce système de bouées automatiques et de télédétecteurs compléterait le système traditionnel de prélèvement d'échantillons par bateau et sur les rives et fournirait simultanément des données sur différents sites, permettant ainsi d'observer un portrait global, de mettre à l'essai des modèles et des prédictions et d'améliorer la compréhension de l'écosystème et de la dispersion des espèces.[16]

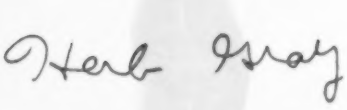
L'eutrophisation a été le problème environnemental principal du lac Érié pendant les années 60 et 70, les produits chimiques toxiques l'ont été dans les années 80, et les espèces envahissantes le sont devenues dans les années 90. En ce nouveau millénaire, les scientifiques reconnaissent que tous ces phénomènes, ainsi que d'autres comme la disparition et la dégradation de l'habitat, les changements climatiques et le botulisme, souviennent en même temps. La Commission félicite les Parties d'avoir pris rapidement des mesures visant à entreprendre une étude exhaustive portant sur le lac en 2002, dont une grande partie des travaux ont été coordonnés et diffusés par le Lake Erie Millennium Network. Ce groupe informel composé de scientifiques, de gestionnaires et de responsables des politiques joue un rôle essentiel et de plus en plus déterminant afin d'identifier les questions et les priorités de recherche, de rassembler les

données nécessaires et de constituer un groupe de discussion binational pour l'échange d'information et la production de rapports. Dans le cas de la question du botulisme, le Pennsylvania Sea Grant Program et le New York Sea Grant Program assurent des rôles semblables de communication et de coordination.

Recommandation

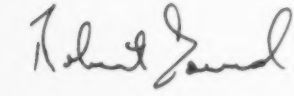
La Commission recommande que les gouvernements continuent de financer les efforts binationaux de recherche entrepris en 2002 et 2003 en vue d'améliorer la compréhension des changements survenant dans l'écosystème du lac Érié. Le modèle du Lake Erie Millennium Network devrait être envisagé afin d'être adapté et mis en place pour les autres Grands Lacs afin de favoriser l'amélioration de la coopération et de la communication binationales.

Signé ce quatrième jour de septembre 2004,
à titre de Douzième Rapport biennal
de la Commission mixte internationale
conformément à l'Accord de 1978 relatif
à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs

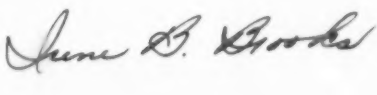


Herb Gray
Coprésident, Section canadienne

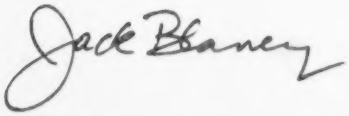
Dennis L. Schornack
Coprésident, Section américaine



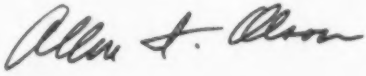
Robert Gourd, Commissaire



Irene B. Brooks, Commissaire



Jack P. Blaney, Commissaire



Allen I. Olson, Commissaire

Glossaire

Alimentation des nappes souterraines

Apport en eau vers les nappes souterraines provenant de la surface. L'infiltration des précipitations et leur mouvement constituent une forme d'alimentation naturelle.

Anthropique

Fait par l'homme, ou résultant de l'activité humaine. Habituellement utilisé dans le contexte des émissions produites par les activités humaines.

Benthique

Relatif au fond d'un plan d'eau, aux sédiments du fond ou aux organismes vivants dans le fond.

Coefficient d'incertitude

Facteur de sécurité utilisé dans le calcul des doses de référence afin d'assurer la protection de la santé humaine.

Empreinte génétique

Séquences de molécules d'ADN (matériel génétique) uniques à chacun des organismes.

Eutrophisation

Processus naturel ou artificiel d'enrichissement de l'eau en nutriments par lequel un plan d'eau se remplit de plantes aquatiques entraînant ainsi une réduction de son taux d'oxygène. Un faible taux d'oxygène nuit aux poissons.

Groupe de consultation sur la pollution due à l'utilisation des terres

Le Groupe de consultation sur la pollution due à l'utilisation des terres de la CMI (Pollution from Land Use Activities Reference Group, PLUARG) a été créé conformément à l'Accord de 1972 avec l'objectif de déterminer l'origine et l'ampleur de la pollution provenant de l'utilisation des terres et de recommander des mesures à prendre. Le Groupe a présenté ses conclusions à la Commission en 1978, et la Commission a transmis une série de recommandations aux Parties en 1980.

Lake Erie Millennium Network

Le réseau Lake Erie Millennium Network constitue une démarche de coopération mettant à profit les compétences et les préoccupations des membres du grand public, des organismes de réglementation et du milieu universitaire. Son objectif est de définir et de comprendre les problèmes les plus urgents en ce qui concerne le lac Érié, de proposer des solutions et d'assurer le suivi des changements.
Site Web du réseau : http://zeus.uwindsor.ca/erie2001/working.html (en anglais).

Perméable

Les matières perméables permettent le passage de l'eau vers le sol grâce à leur nature poreuse ou à l'espacement entre leurs particules.

Pratiques exemplaires de gestion

Ensemble de pratiques de conservation et de mesures de gestion des terres et des eaux efficaces et réalisables (tant du point de vue technologique, économique qu'institutionnel) permettant d'éviter ou de réduire les effets négatifs sur les ressources naturelles et culturelles. Source de la définition originale en anglais : www.nps.gov/yose/planning/yvp/seis/vol_IIb_p2/gloss_1.html (en anglais seulement).

Substances toxiques rémanentes

Designé toute substance toxique dont la demi-vie dans l'eau est supérieur à huit semaines.

Notes

Sommaire et Introduction

1 Pratiques exemplaires de gestion : Voir le Glossaire.
2 Lake Erie Millennium Network : Voir le Glossaire.
3 http ://www.ijc.org/php/publications/html/aoc_rep/english/report/index.html : http ://www.ijc.org/php/publications/html/aoc_rep/francais/report/index.html
4 http ://www.uscg.mil/d9/wwm/rrt5/docs/CANUSLAK-1999.pdf

Chapitre Un
Intégrité physique

1 Northeastern Illinois Planning Commission, 2002; SOLEC 1996; SOLEC 2002
2 Environnement Canada, 2001
3 Alimentation des nappes souterraines : Voir le Glossaire.
4 Pitt., et al., 1999
5 Perméable : Voir le Glossaire.
6 http://www.lid-stormwater.net/clearinghouse. Consulté le 2 juin 2004.
7 Patchett, James M., mars 2004
8 Patchett, James M., and G. S. Wilhelm, 1999
9 U.S. EPA/NPDES, Office of Waste Management. http://cfpub2.epa.gov/nnpdes. Consulté le 2 juin 2004.
10 An Evaluation of Watershed Management in Ontario, Final Report 1997
11 O'Connor, D., 2002
12 Comité consultatif de l'élaboration du cadre de protection des sources d'eau à l'échelle des bassins versants, avril 2003
13 Hare, Melanie, 2001
14 Michigan Land Use Leadership Council, 2003
15 Ontario Croissance intelligente, Rapport final, 2003.
16 Haack, S.K., et al., 2003
17 CMI, 22 février 2003
18 Shuter, Brian J., 2003
19 CMI, 2001-2003. Rapport sur les priorités.
20 Groupe de consultation sur la pollution due à l'utilisation des terres : Voir le Glossaire.
21 Pratiques exemplaires de gestion : Voir le Glossaire.

Chapitre Deux
Intégrité biologique

1 CMI, 2002
2 Natural Resources and Environmental Protection Act (451) 324.3103a, 1994
3 Duggan, I.C., et al., 2003; Ricciadi, 2001; http://www.startribune.com/style/news/metroregion/invaded_waters/invaded.html
4 Pimentel, et al., 2000
5 Benthique : Voir le Glossaire.
6 United States Coast Guard, 1993; Ricciardi, 2001
7 Bailey, et al., 2004
8 Empreinte génétique : Voir le Glossaire.
9 Canadian Auditor General and the United States Accounting Office, 25 octobre 2002
10 CMI, 2000; CMI, 2002
11 CMI, 2000
12 NAISA, 1990, http://www.nemw.org/biopollute.htm#laws
13 NISA, 1996, http://www.nemw.org/biopollute.htm#laws
14 Payment, P., and M.S. Riley, 2002
15 Levin et al., 2002; Payment et al., 1991, 1997
16 Todd and Chatman, 1974-1996 in NWRI 2001
17 Rose et al., 1999
18 CMI, Rapport sur les priorités 2003
19 NRDC, 2004
20 U.S. EPA, 2001
21 Detroit News, février 2004
22 Spears, Tom, The Ottawa Citizen, 15 novembre 2003
23 U.S. EPA, 2003; Valcour et al., 2002
24 CBC Broadcast, the Nature of Things, 7 janvier 2004.
25 U.S. EPA, 2004
26 *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs* (projet de loi 81)
27 U.S. GAO, 2003
28 Great Lakes Sport Fishing Council, 2004
29 Rose et al., 2001a
30 Thomas et al., 1999; Rollins and Colwell, 1986; OECD, 2003; NRDC, 2004
31 Levin et al., 2002
32 O'Connor, 2002
33 Payment P. and M.S. Riley, 2002
34 Lee et al., 2002
35 Payment, P., and M.S. Riley, 2002
36 Huffman et al., 2003
37 OMS, 2003, Table 3
38 NRDC, 2004

[39] Levin et al., 2002
[40] Kolpin et al., 2002
[41] O'Connor, 2001; O'Connor, 2002
[42] O'Connor, 2001
[43] Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable, 2002
[44] Levin et al., 2002; U.S. EPA 2002b
[45] Sobsey, M., communication personnelle
[46] U.S. EPA, 2002b
[47] ASCE, 2003
[48] NRC, 2004

Chapitre Trois
Intégrité chimique

[1] Mitra, S., 1986
[2] Substances toxiques rémanentes : Voir le Glossaire.
[3] (www.epa.gov/glnpo/bns/chemicals.html)
[4] Mitra, S., 1986
[5] Lin, C., et al., 1999; Tokos, J., et al., 1998
[6] Lin, C., et al., 1999; Tokos, J., et al., 1998
[7] Lin, C., et al., 1999; Tokos, J., et al., 1998
[8] Lin, C., et al., 1999; Tokos, J., et al., 1998
[9] Study Group of Minimata Disease, 1968
[10] Yagev, Y., et al., 2002
[9] Zolansky, G., 1973; Scott, M.L., 1973
[9] Zolansky, G., 1973; Scott, M.L., 1973
[9] Jacobson, J.L., et al., 1996
[5] National Research Council, 2000
[6] Groupe de travail des professionnels de la santé, janvier 2004.
[7] Coefficient d'incertitude : Voir le Glossaire.
[14] U.S. Department of Health and Human Services and U.S. EPA, 2004
[15] Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 2003
[16] Groupe de travail des professionnels de la santé, janvier 2004.
[17] Conseil consultatif scientifique, 2003. Tilden et al., 1997
[18] Kearney, J.P., and D.C. Cole, 2003
[19] Tilden, J. et al., 1997
[19] Persky, et al., 2001; NRC, 2001
[19] Persky, et al., 2001; NRC, 2001
[20] Anthropique : Voir le Glossaire.
[21] Federal Register, 2004
[21] Pacyna, et al., 2003
[21] Cohen, et al., 2004

21 Cohen, et al., 2004
22 Conseil canadien des ministres de l'environnement, 9 juin 2003.
23 http://www.ccme.ca/assets/pdf/hg_implplans_emisbms_e.pdf.
24 http://www.ccme.ca/assets/pdf/mercury_emis_std_e1.pdf .
25 http://www.ccme.ca/assets/pdf/mercury_emis_std_e1.pdf .
26 Federal Register, 2004
27 Florida Department of Environmental Protection, 2003

Chapitre Quatre
Intégrité de l'écosystème

1 Eutrophisation : Voir le Glossaire.
2 Burns, N.M., 1985; Makarawicz and Bertram, 1993
3 Rockwell, D.C. and G. J. Warren, 2003
4 CMI, 2000
5 Rockwell, D.C. and G.J. Warren, 2003
6 Ryan, et al., 2003
7 Moore, D.L., 1999
8 Ryan, et al., 2003
9 Culver, et al., 1999
10 Burns, 1985
11 Krieger, et al., 1996
12 Dermott, et al., 2001
13 Ryan et al., 2003
14 Domske and Obert, 2000; New York, Ohio, and Pennsylvania Sea Grant Programs, 2002
15 Tulen and DePinto, 2000; Tulen and Cibrowski, 2002
16 Brandt, 2003

Bibliographie

Chapitre Un

Intégrité physique : répercussions des milieux urbains sur la qualité

Comité consultatif de l'élaboration du cadre de protection des sources d'eau à l'échelle des bassins versants. 2003. *Protéger l'eau potable de l'Ontario : Pour une protection planifiée à l'échelle du bassin versant*. http://www.ene.gov.on.ca/envision/news/2003/index-fr.htm

Commission mixte internationale. 10 septembre 2003. *Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, rapport sur les changements climatiques. http://www.ijc.org/php/publications/html/0103prifrancais/index.htm

Commission mixte internationale. 22 février 2000. *Protection of the Waters of the Great Lakes: Final Report to the Governments of Canada and the United States*. http://www.ijc.org/php/publications/html/finalreport.html (en anglais)

Environnement Canada. 2001. *État des effluents urbains au Canada (Rapport sur l'état de l'environnement)*. Ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada. ISBN 0-662-85554-X. http://www.ec.gc.ca/soer-ree/Francais/soer/MWWE.pdf

Hawk, S.K., Lisa R. Fogarty, et Christopher Wright. 2003. *Escherichia coli and Enterococci at Beaches in the Grand Traverse Bay, Lake Michigan: Sources, Characteristics, and Environmental Pathways*. Environ Sci Technol (37) : 3275-3282 p.

Hare, Melanie. 2001. *Exploring Growth Management Roles in Ontario: Learning from "Who Does What" Elsewhere*. Institut des planificateurs professionnels de l'Ontario. http://www.ontarioplanners.on.ca/pdf/growth_101001_position.pdf (en anglais)

Low Impact Development Center. 5010 Sunnyside Ave., Suite 200, Beltsville, MD 20705 USA. http://www.lid-stormwater.net/clearinghouse/. Consulté le 2 juin 2004. (en anglais)

Michigan Land Use Leadership Council. 15 août 2003. *Michigan's Land, Michigan's Future: Final Report of the Michigan Land Use Leadership Council*. Préparé pour Jennifer Granholm et la Michigan Legislature. http://www.michiganlanduse.org/font_matter.pdf (en anglais)

Northeastern-Illinois Planning Commission. 2002. *Strategic Plan for Water Resource Management*. http://www.nipc.cog.il.us (en anglais)

O'Connor, D., 2002. *Deuxième partie, Rapport de la Commission d'enquête sur Walkerton : Stratégie pour la salubrité de l'eau potable*. ISBN : 0-7794-2935-4. http://www.attorneygeneral.jus.gov.on.ca/french/about/pubs/walkerton/part2/

Ontario Croissance intelligente. Rapport final. 2003. *Façonner l'avenir, Comité des initiatives de croissance intelligente de l'Ouest de l'Ontario*. Secrétariat des initiatives de croissance intelligente, ministère des Affaires municipales et du Logement de l'Ontario. http://www.placestogrow.pir.gov.on.ca/userfiles/HTML/nts_2_15812_2.html

Patchett, James A., mars 2004. *Urban Land Use Issues in the Great Lakes Basin*. 4 p. Présenté au groupe de travail sur la mise en œuvre par les parties du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs de la Commission mixte internationale.

Patchett, James M., and Gerould S. Wilhelm, juillet 1999. *The Ecology and Culture of Water*. http://www.cdfinc.com/CDF_Resources/Ecology_and_Culture_of_Water.htm (en anglais)

Pitt R., M. Lilburn, S. Rocky Durrans, Steve Burian, S. Nix, John Voorhees, and Jeff Martinson, 1999. *Guidance Manual for Integrated Wet Weather Flow Collection and Treatment Systems for Newly Urbanized Areas*. http://unix.eng.ua.edu/~rpitt/Publications/Books Consulté le 5 décembre 2003.

Shuter, Brian J., février 2003. *Changing Climate and Its Impacts on the Great Lakes, The Toledo Journal of Great Lakes Law, Science, and Policy: Proceedings of the Expert Consultation on Emerging Issues*, Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs, conférence. À paraître.

SOLEC, 1996. *State of the Lakes Ecosystem Conference: The Year of the Nearshore*. Préparé par : Nicole Swerhun and the LURA Group, Toronto, 13-15 p. http://www.epa.gov/grtlakes/solec/96/index.html (en anglais)

SOLEC, 2002. *State of the Great Lakes Ecosystem Conference*. Co-Chair, Harvey Shears, Cleveland. http://www.epa.gov/glnpo/solec/2002

U. S. Environmental Protection Agency. *Stormwater Education Materials and Wastewater Education Materials*. Office of Wastewater Management. http://cfpub2.epa.gov/npdes/index.cfm. Consulté le 2 juin 2004. (en anglais)

Watershed Planning Implementation Project Management Committee, Final Report 1997. *An Evaluation of Watershed Management in Ontario*. ISBN 0-7778-5889-4 http://www.ene.gov.on.ca/programs/3513e.pdf (en anglais)

Chapitre Deux

Intégrité biologique : les répercussions des espèces exotiques envahissantes et des agents pathogènes

American Society of Civil Engineering. *ASCE's 2001 Report Card for America's Infrastructure*. Washington, D.C. American Society of Civil Engineer's, Civil Engineering Research Foundation. Progress Report. http://www.asce.org/reportcard/index.cfm?reaction=full&page=6 (en anglais)

American Society of Civil Engineering. *ASCE's 2003 Report Card for America's Infrastructure*. Washington, D.C. American Society of Civil Engineer's, Civil Engineering Research Foundation. http://www.asce.org/reportcard (en anglais)

Bailey, S.A., I.C. Duggan, C.D.A. VanOverdijk and T.H. Johengen, 2004. *Great Lakes Environmental Research Laboratory*. http://www.glerl.noaa.gov/ (en anglais)

Canadian Auditor General and the United States General Accounting Office, 25 octobre 2002. *Canadian and United States Audits call Attention to Serious Invasive Threat*. www.glfc.org/pressrel/pr102502.htm (en anglais)

Colwell, R.R., 1996. *Global climate and infectious disease: the cholera paradigm*. The American Association for the Advancement of Science. 274 : 2025-2031 p. http://www.aaas.org/international (en anglais)

Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable, 2002. *De la source au robinet - l'approche à barrières multiples pour de l'eau potable saine*. 16 mai 2002. Conseil canadien des ministres de l'Environnement. http://www.ccme.ca/sourcetotap/index.fr.html (http://www.ccme.ca/assets/pdf/mba_fre.pdf)

Commission mixte internationale, 1970. *Pollution of Lake Erie, Lake Ontario, and the International Section of the St. Lawrence River*. 174 p. http://www.ijc.org (en anglais)

Commission mixte internationale, 2000. *Dixième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. http://www.ijc.org/ ISBN 1-894280-20-2. « La Commission mixte internationale est autorisée dans chaque cas qui lui est ainsi soumis d'examiner les faits et les circonstances des questions ou des différends particuliers à elle soumis et d'en dresser rapport, avec les conclusions et les recommandations qui peuvent être appropriées, subordonnément, toutefois, aux restrictions ou aux exceptions qui peuvent être imposées à cet égard par les termes du référé. » (Traité des eaux limitrophes /e 1909, art. 9)

Commission mixte internationale, 2002. *Onzième Rapport biennal sur la qualité de l'eau des Grands Lacs - Les Grands Lacs : Une merveille naturelle à restaurer*. http://www.ijc.org/ ISBN 1-894280-33-4

Commission mixte internationale, 2003. *The Status of Restoration Activities in the Great Lakes Areas of Concern*. Avril 2003. 25 p. http://www.ijc.org/ (en anglais)

Communicable Disease Report, 1998. *Emerging pathogens and the drinking water supply*. CDR Weekly. 8(32) : 292 p. http//www.hpa.org.uk/cdr

Craun, G. F., 1986. *Statistics of waterborne outbreaks in the U. S. (1920-1980). Craun, G. F. (ED.) Waterborne Diseases in the United States*. Boca Raton, FL : CRC Press. http://www.cdc.gov/mmwr/ (en anglais)

Duggan I.C., S.A. Bailey, R.I. Colautti, D.K. Graw, J.C. Makarewicz, and H. J. MacIsaac, 2003. *Biological Invasions in Lake Ontario: Past, Present and Future*. Great Lakes Institute for Environmental Research, University of Windsor and Department of Environmental Science and Biology, State University of New York at Brockport. venus.uwindsor.ca/courses/biology/macisaac/55-437/lakeontario.pdf (en anglais)

Durfee, M. and S.T. Bagley, 1997. *Bacteriology and Diplomacy in the Great Lakes, 1912-1920*. American Society for Environmental History, Baltimore MD, mars 1997. 1-27 p. http://www.sas.it.mtu.edu (en anglais)

Edge, T., J.M. Byrne, R. Johnson, W. Robertson, and R. Stevenson, 2001. « Pathogènes d'origine hydriques », p. 1-4. Environnement Canada. 2001. *Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada*. Institut national de recherche sur les eaux, Burlington, Ontario. Rapport n°1, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE. 87 p. http://www.nwri.ca/threats/intro-f.html

Environnement Canada, 2001. *Évaluations environnementales des projets aquacoles en eau douce : Lignes directrices pour la considération d'information expert d'Environnement Canada*. Direction de la protection de l'environnement. Juin 2001. 30 p. http://atlenv.ns.ec.gc.ca/assessment/guidelines/fw_openwater_f.pdf

Environnement Canada, 2001. *Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada*. Institut national de recherche sur les eaux, Burlington, Ontario. Rapport n°1, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE. 87 p. http://www.nwri.ca/threats/intro-f.html

Environnement Canada, 2004. *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada. Institut national de recherche scientifique*, Burlington, Ontario. Rapport n°3, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE et Série de documents d'évaluation de la science de la DGSAC, numéro 1. 148 p. http://www.nwri.ca/threats2full/intro-f.html

Great Lakes Sport Fishing Council, 2004. *Researchers find birds fouling our lakes and tributaries: Wildlife dumping three times the contaminants as humans*. Inland Seas Angler: Great Lakes Basin Report. Mars 2004.

Hueffman, D.E., W. Quintero-Betancourt, and J.B. Rose, 2003. *Emerging Waterborne Pathogens in "Handbook of Water and Wastewater Microbiology"*. Mara, D. and N. Horan, (Eds). Academic Press, London. ISBN 0124701000.

Kling, G. and D. Wuebbles, 2003. *Confronting Climate Change in the Great Lakes Region: Impacts on our Communities and Ecosystems*. Union of Concerned Scientists. http://www.ucsusa.org/greatlakes/ (en anglais)

Kolpin, D. W., E.T. Furlong, M.T. Meyer, E.M. Thurman, S.D. Zaugg, L.B. Barber, and H.T. Buxton, 2002. *Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999–2000: A national reconnaissance*. Environ Sci Tech 36:6 1202–1211 p.

Krewski, D., J. Balbus, D. Butler-Jones, C. Haas, J. Issac-Renton, K.J. Roberts, and M. Sinclair, 2002. *Managing Health Risks from Drinking Water - A Report to the Walkerton Inquiry*: J Toxicol Env Health 8:65(21):1635-1823 p. http://irr.uwaterloo.ca/pdf_files/dw_abstracts/krewski.pdf (en anglais)

Lee, S.H., D.A. Levy, G.F. Craun, M.J. Beach, and R.L. Calderon, 2002. « Surveillance for Waterborne-Disease Outbreaks – United States, 1999-2000 ». Centers for Disease Control. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. (en anglais)

LEVIN, R.B., R.R. EPSTEIN, T.E. FORD, W. HARRINGTON, E. OLSON, AND E.G. REICHARD, 2002. U.S. Drinking Water Challenges in the Twenty-First Century. Environ Health Persp 110(1) : 43-52 p. Février 2002. http://ehp.niehs.nih.gov/members/2002 (en anglais)

LIJKLEMA, L., J.M. TYSON, AND A. LESOUF, 1993. *Interactions between sewers, treatment plants and receiving waters in urban areas: a summary of the INTERURBA '92 workshop conclusions*. Water Sci Technol 27(12):1-29 p. http://www.aids.cl/webpage (en anglais)

LISLE, J.T. AND J.B. ROSE. 1995. *Gene exchange in drinking water and biofilms by natural transformation*. Water Sci Technol 31(5-6):41-46p. http://www.iwaponline.com/wst (en anglais)

MACKENZIE, W.R., W.I. SCHELL, K.A. BLAIR, D.G. ADDISS, D.E. PETERSON, N.J. HOXIE, J.J. KAZMIERCZAK, AND J.R. DAVIS, 1995. *Massive outbreaks of waterborne Cryptosporidium infection in Milwaukee, Wisconsin. Recurrence of illness and risk of secondary transmission*. Clinical Infectious Diseases 21 : 57-62 p.

MORRIS, R.D. AND D. COLE, 2002. *Environmental health surveillance: Indicators for freshwater ecosystems. Special Report from the Quebec City Consensus Conference on Environmental Health Indicators*. Octobre 2000. C J Public Health = Revue canadienne de santé publique 93 (1) : 539-544 p. Septembre-octobre 2002.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1999. *The Use of Drugs in Food Animals: Benefits and Risks. Board on Agriculture*. National Academies Press. Washington DC. 253 p. http://nap.edu/openbook (en anglais)

NATIONAL AQUATIC INVASIVE SPECIES ACT. Currently pending in both the Senate and House, an Act extending protection to all U. S. waters, including inland ones, and authorizes additional federal work in key areas. www.nemw.org/biopollute.htm#laws (en anglais)

NATIONAL INVASIVE SPECIES ACT, 1996. (P.L. 104-332). This act reauthorizes and amends the Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act of 1990 (P.L. 101-646).

NATIONAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL, 2004. *Swimming in Sewage*. 79 p. http://www.nrdc.org/water/pollution/sewage/contents.asp (en anglais)

NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT (451) 324.3103a, 1994. www.nemw.org/biopollute.htm#laws (en anglais)

O'CONNOR, D., 2001. *Première partie - Rapport de la Commission d'enquête sur Walkerton : Les événements de mai 2000 et les questions connexes*. Ministère du Procureur général de l'Ontario. http://www.attorneygeneral.jus.gov.on.ca/french/about/pubs/walkerton/part1/

O'CONNOR, D., 2002. *Deuxième partie - Rapport de la Commission d'enquête sur Walkerton : Stratégie pour la salubrité de l'eau potable*. Ministère du Procureur général de l'Ontario. http://www.attorneygeneral.jus.gov.on.ca/french/about/pubs/walkerton/part2/

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. 2003. *Assessing Microbial Safety of Drinking Water: Improving Approaches and Methods*. http://www.oecd.org (en anglais)

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ. 2003. *Emerging issues in water and infectious diseases*. Genève, Suisse. 22 p. ISBN 92 + 159082 3. http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/emergingissues/en/ (en anglais)

PAIZ, J.A., M. A. MCGEEHIN, S.M. BERNARD, K.L.EBI, P.R. EPSTEIN, A. GRAMBSCH, D.J. GUBLER, P. REITER, I. ROMIEU, J.B.ROSE, J.M. SAMET, AND J. TRTANJ. 2000. *The potential health impacts of climate variability and change for the United States: Executive Summary of the report of the Health Sector of the U.S. National Assessment*. Environ Health Persp 108:367-376 p.

PAYMENT, P., AND M.S. RILEY. 2002. « Resolving the global burden of gastrointestinal illness: A call to action », 25-32 p. American Academy of Microbiology, Washington DC. http://www.asm.org (en anglais)

PAYMENT, P., J. SIEMIATYCKI, L. RICHARDSON, G. RENAUD, E. FRANCO, AND M. PRÉVOST. 1997. *A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water*. Int J Environ Heal R 7:5-31 p.

PAYMENT, P., L. RICHARDSON, J. SIEMIATYCKI, R. DEWAR, M. EDWARDES, AND E. FRANCO. 1991. *A randomized trial to evaluate the risk of gastrointestinal disease due to the consumption of drinking water meeting currently accepted microbiological standards*. Am J Public Health 81:703-708 p.

PIMENTEL, D., L. LACH, R. ZUNIGA AND D. MORRISON. 2000. *Environmental and Economic Costs Associated with Non indigenous Species*. Bioscience 50(1) 53-64 p. http://www.american-lands.org/forestweb/invasivesed.htm (en anglais)

RICCIARDI, A., 2001. *Facilitative Interactions among Aquatic Invaders. Is an Invasional Meltdown Occurring in the Great Lakes?* Can J Fish Aquatic Sci = Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques 58:2513-2525

ROLLINS, D.M. AND R.R. COLWELL. 1986. *Viable but non-culturable stage of* C. jejuni *and its role in survival in the aquatic environment*. Appl Environ Microb 52:521-538 p.

ROSE, J.B. R.M. ATLAS, C.P. GERBA, M.J.R. GILCHRIST, M.W. LECHEVALLIER, M.D. SOBSEY, M.V. YATES, G.H. CASSELL, AND J.M. TIEDJE. 1999. *Microbial Pollutions in Our Nation's Waters: Environmental and Public Health Issues*. American Society of Microbiology, Washington, DC. 8 p.

ROSE, J.B., D.E. HUFFMAN, K. RILEY, S.R. FARRAH, J.O. LUKASIK AND C.L. HARMAN. 2001. *A Reduction of Enteric Microorganisms at the Upper Occoquan Sewage authority Water Reclamation Plant*. Water Environ Res 73(6):711-720 p.

Rose, J.B., P.R. Epstein, E.K. Lipp, B.H. Sherman, S.M. Bernard and J.A. Patz. 2001b. *Climate variability and Change in the United States: Potential Impacts on Water- and Food borne Diseases Caused by Microbiologic Agents*. Environ Health Persp 109(552): 211-221 p.

Schabath, C., 2004. *Activists Fault rainwater-sewage treatment*. Detroit News, 19 février 2004. http://www.detnews.com/2004/macomb/0402/19/d05-68605.htm (en anglais)

Spears, T., 2003. *Ontario's West Coast Permanently Polluted*. Ottawa Citizen, 15 novembre 2003. http://www.northwesthuron.com/tomspearsstory1.html (en anglais)

Thomas, C., H. Gibson, D.J. Hill, and M. Mabey, 1999. Cmpylobacter *epidemiology: an aquatic perspective*. J Appl Microbiol 85(1):1688-177S.

Todd, E.C.D. and P. Chatman, 2001. *Food borne and Water borne Disease in Canada*. 1974-1996 in NWRI. Polyscience Publications Inc. http://www.nwri.ca/threats/

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2002. *Profile of arms with Livestock in the United States: A Statistical Summary*. http://www.nrcs.usda.gov/technical/land/pubs/livestockfarm.html

U.S. Environmental Protection Agency, 2000. *Part II, Environmental Protection Agency 40 CFR Parts 141 and 142. National Primary Drinking Water Regulations: Ground Water Rule: Proposed Rule*. Federal Register 65(91):30193 p.

U.S. Environmental Protection Agency, 2001. *Report to Congress: Implementation and Enforcement of the Combined Sewer Overflow Control Policy*. EPA 833-R-01-002. Office of Water. Décembre 2001. P. ES-7.

U.S. Environmental Protection Agency, 2002a. *Implementation Guidance for Ambient Water Quality Criteria for Bacteria*. Mai 2002. Ébauche.

U.S. Environmental Protection Agency, 2002b. *The Clean Water and Drinking Water Infrastructure Gap Analysis*. Office of Water. September 2002. Washington, DC. 50 p.

U.S. Environmental Protection Agency, 2004. *National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Permit Requirements for Municipal Wastewater Treatment Discharges During Wet Weather Conditions*. Federal Register Notice 68(216). Le vendredi 7 novembre 2003 / Proposed Rules. 63042-52 p.

U.S. General Accounting Office, 2003. *Livestock Agriculture: Increased EPA Oversight Will Improve Environmental Program for Concentrated Animal Feeding Operations*. Report to the Ranking Committee on Agriculture and Forestry, U.S. Senate. GAO-03-285. 21 p.

United States Coast Guard, 1993. *Aquatic Nuisance Species Information*. http://www.uscg.mil/hq/gm/nso/nsor4/old/bwm.html

Valeur J.E., P. Michel, S.A. McEwen, and J.B. Wilson, 2002. *Associations between indicators of livestock farming intensity and incidence of human Shiga toxin-producing Escherichia coli infection*. Emerg Infect Dis 8(3):252-257 p.

Chapitre Trois

Intégrité chimique : l'exemple du mercure

Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2000. *Plans de mise en œuvre*, plan de mise en oeuvre de chaque gouvernement en ce qui concerne les standards pancanadiens relatifs aux émissions de mercure. Consulté le 2 juin 2004. http://www.ccme.ca/assets/pdf/hg_implplans_emisbms_f.pdf

Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2000. *Standards pancanadiens relatifs aux émissions de mercure*. Approuvé par le Conseil des ministres du CCME, 5-6 juin 2000, Québec. 12 p. http://www.ccme.ca/assets/pdf/mercury_emis_std_f.pdf

Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2003. *Avis concernant le standard pancanadien relatif aux émissions de mercure provenant des centrales électriques au charbon*, 9 juin 2003. http://www.ccme.ca/assets/pdf/mercury_epg_notice_9june03_f.pdf

Federal Register, 2004. *Environmental Protection Agency; Proposed Rules*. 69(20), 30 janvier 2004. http://www.access.gpo.gov/su_docs/fedreg/a040130c.html (en anglais)

Florida Department of Environmental Protection, 2003. *Integrating Atmospheric Mercury Deposition with Aquatic Cycling in South Florida*. http://www.dep.state.fl.us/secretary/news/2003/nov/pdf/mercury_report.pdf (en anglais)

Health Professionals Task Force, 2004. *Great Lakes Fish Consumption Advisories: The Public Health Benefits and Risk*. 23 p. Plan Review. 11 p. Consulté le 12 janvier 2004. http://www.ijc.org/php/publications/html/lostage1.html (en anglais)

Kearney J.P., and D.C. Cole, 2003. *Great Lakes and Inland Sport Fish Consumption by Licensed Anglers in Two Ontario Communities*. J Great Lakes Res 29(3):460-478 p. http://iaglr.org/jglr/db/searchprocess.php (en anglais)

Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 2003. *Le Guide de consommation du poisson gibier de l'Ontario 2003 - 2004* (Vingt-deuxième édition revue et augmentée). Toronto, Ontario. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario. http://www.ene.gov.on.ca/envision/guide

National Research Council, 2000. *Toxicological Effects of Methylmercury*. National Academy of Sciences, the National Academies Press. Washington, DC. 344 p. www.nap.edu/books/0309071+/html/index.html

Rapport du Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs, 2003. *Priorités et progrès accomplis dans le cadre de l'Accord sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Rapport à la Commission mixte internationale. Windsor, Ontario. http://www.ijc.org/php/publications/html/0103prifrancais/page0109.htm

Study Group of Minamata Disease, 1968. *Minamata Disease*. Kumamto, Japan: Kumamato University. http://www.minamacity.jp/english/me_3c1f2.htm

Tilden J., L.P. Hanrahan, H. Anderson, C. Palit, J. Olson, and W. MacKenzie. 1997. *Great Lakes Sport Fish Consortium. Health Advisories for Consumers of Great Lakes Sport Fish: Is the Message Being Received?* Environ Health Persp 105(12):1360-1365 p. Consulté le 6 janvier 2004. http://ehp.niehs.nih.gov/docs/1997/105-12/tilden.html (en anglais)

U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Environmental Protection Agency. 2004. *FDA and EPA Announce the Revised Consumer Advisory on Methylmercury in Fish*. 19 mars 2004. http://www.fda.gov/bbs/topics/news/2004/NEW01038.html (en anglais)

U.S. Environmental Protection Agency. 1997. *Binational Toxic Strategy: Environment Canada and the United States Environmental Protection Agency*. Signé le 7 avril 1997. http://www.epa.gov/glnpo/bns/chemicals.html (en anglais)

Chapitre Quatre

Intégrité de l'écosystème : les changements de l'écosystème du lac Érié

Brandt, S.B., 2003. *Editorial: A bold step forward: ecosystem forecasting, integrated observing systems, and International field years for the Great Lakes*. J Great Lakes Res 29:373-374 p. http://glerl.noaa.gov/ (en anglais)

Burns, N. M., 1985. *Erie, the Lake that Survived*. Rowman and Allanheld, Totowa, N.J., 320 p. ISBN: 0847673987.

Commission mixte internationale, 2000. *Dixième rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. CMI, Ottawa, Ontario, Washington, D.C., et Windsor, Ontario. http://www.ijc.org

Culver, D.A., D.B. Baker, R.P. Richards, A.M. Beeton, T.H. Johengen, G.A. Leshkevich, H.A. Vanderploeg, J.W. Budd, W. Carmichael, P.T. Heath, C.E. Erickson, H.J. MacIsaac, and L. Wu., 1999. *Toxicity, ecological impact, monitoring, causes and public awareness of Microcystis blooms in Lake Erie, Final Report to the Lake Erie Comm.*, Toledo, Ohio.

Dermott, R., 2001. *Sudden disappearance of the amphipod Diporeia from eastern Lake Ontario, 1993-1995*. J Great Lakes Res 27:423-433 p. http://www.iaglr.org/ (en anglais)

Domske, H.M. and E.C. Obert (Eds.), 2001. *Avian Botulism in Lake Erie: Workshop Proceedings*, New York and Pennsylvania Sea Grant, 62 p. January 24-25, 2001, Erie, Pennsylvanie.

Krieger, K.A., D.W. Schloesser, B.A. Manny, C.E. Trisler, S.E. Heady, J.J.H. Ciborowski, and K.M. Muth, 1996. *Recovery of burrowing mayflies (Ephemeroptera: Ephemeridae: Hexagenia) in western Lake Erie*. J Great Lakes Res 22:254-263 p. http://www.iaglr.org (en anglais)

Lake Erie LaMP Management Committee, 2000. *Lake Erie Lakewide Management Plan*, U.S. EPA and Environment Canada, Chicago, Illinois et Toronto, Ontario. http://www.epa.gov/glnop/lakeerie/lamp2000/ (en anglais)

Makarewicz, J.C. and P. Bertram. 1993. *Evidence for the restoration of the Lake Erie ecosystem*. Bioscience 41:216-223 p. http://www.iagrl.org (en anglais)

Moore, D.L., 1999. *A century's perspective of changes in the aquatic macrophyte flora of western Lake Erie: What's next?* Proc. of Lake Erie at the Millennium – Changes, Trends, and Trajectories. University of Windsor. Windsor, Ontario.

New York, Ohio, and Pennsylvania Sea Grant, 2002. *Botulism in Lake Erie: Workshop proceedings*. 28 février 2002. Buffalo, NY. 56 p.

Rockwell, D.C. and G.J. Warren. 2003. *Lake Erie Report for the Great Lakes National Program Office's Indicators Monitoring Program, 1983-2002*. Abstract. 46th Conference. Great Lakes Research. International Association Great Lakes Research. Chicago, Illinois.

Ryan, P.A., R. Knight, R. MacGregor, G. Towns, R. Hoopes, and W. Culligan. 2003. *Fish-community goals and objectives for Lake Erie*. Great Lakes Fishery Commission. Special Publication 03-02. 56 p.

Tulen, L.A. and J.V. DePinto [Eds]. 2000. *Great Lakes Modeling Summit: focus on Lake Erie. Council of Great Lakes Research Managers*. Commission mixte internationale. Windsor, Ontario. 87 p. http://www.ijc.org (en anglais)

Tulen, L. and J.J.H Ciborowski [Eds]. 2002. *Frameworks for Modeling Ecological Change in the Detroit River – Lake Erie Corridor*. Conseil des gestionnaires de la recherche des Grands lacs. Commission mixte internationale. Windsor, Ontario. 19 p. http://www.ijc.org (en anglais)

« À la plage », de Josh Ingersoll, Mona Shores High School, Muskegon, Michigan

« Notre avenir, notre choix », de Lauren Gordon, Morgan Edwards et Kyle Chandler, 8e année, Charles C. McLean Elementary School, Gore Bay, Ontario

La CMI tient à féliciter Environnement Canada, l'Environmental Protection Agency des États-Unis et les organismes comme la Lake Michigan Federation pour leurs efforts visant à encourager les enseignants et les élèves à imaginer ce que serait l'écosystème des Grands Lacs une fois restauré. L'illustration du haut provient de l'exposition A Day at the Beach de la Lake Michigan Federation (http://www.lakemichigan.org/edu/exhibit.asp). L'illustration du bas est l'un des projets gagnants du programme « Les jeunes artistes des Grands Lacs » organisé par Environnement Canada (http://www.on.ec.gc.ca/community/great-art/intro-f.html).

On trouve le site sur l'éducation environnementale de la région 5 de l'Environmental Protection Agency des États-Unis à l'adresse suivante : http://www.epa.gov/region5/enved/.

SEPTEMBRE 2004

Photo à la couverture recto : NASA